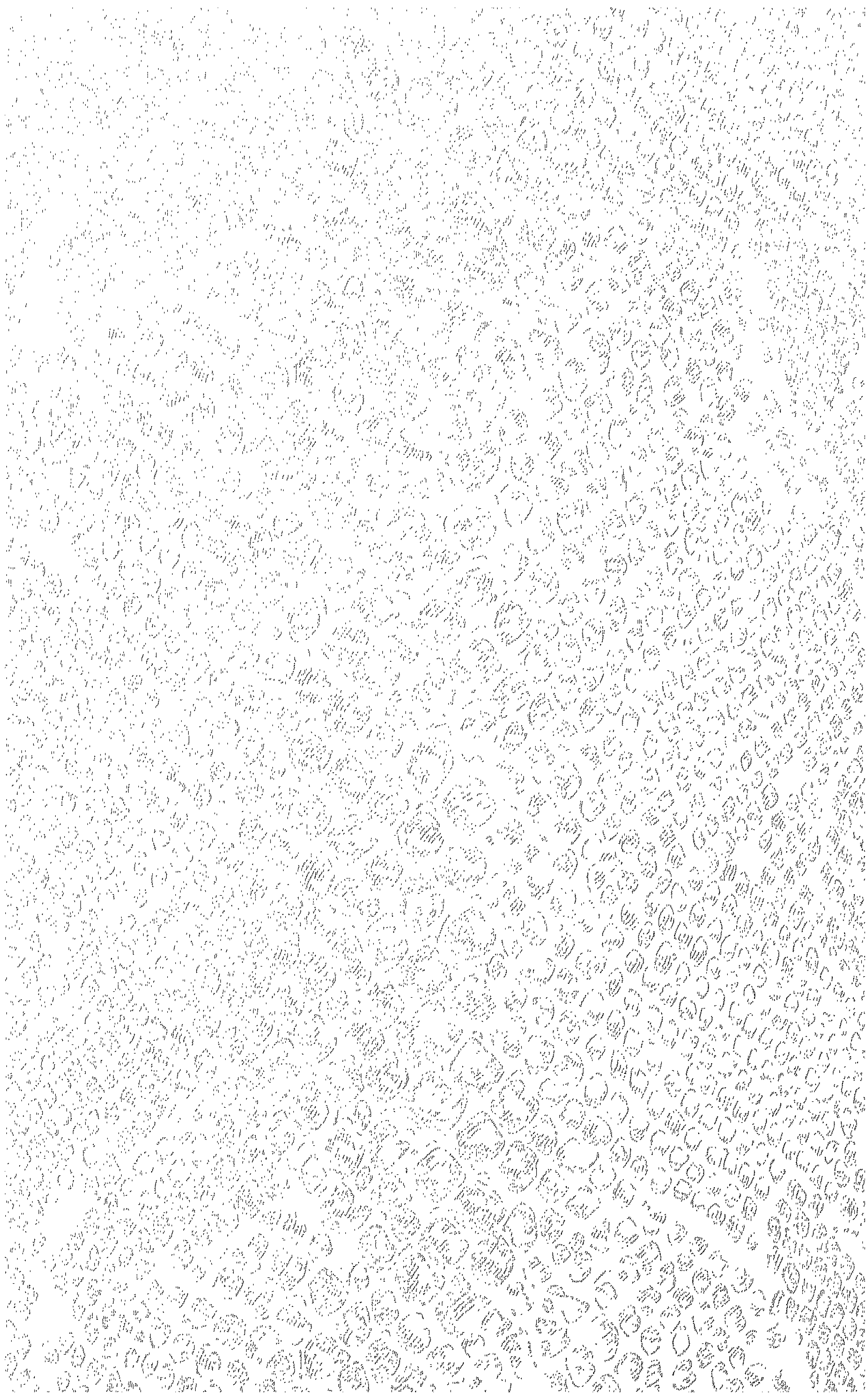
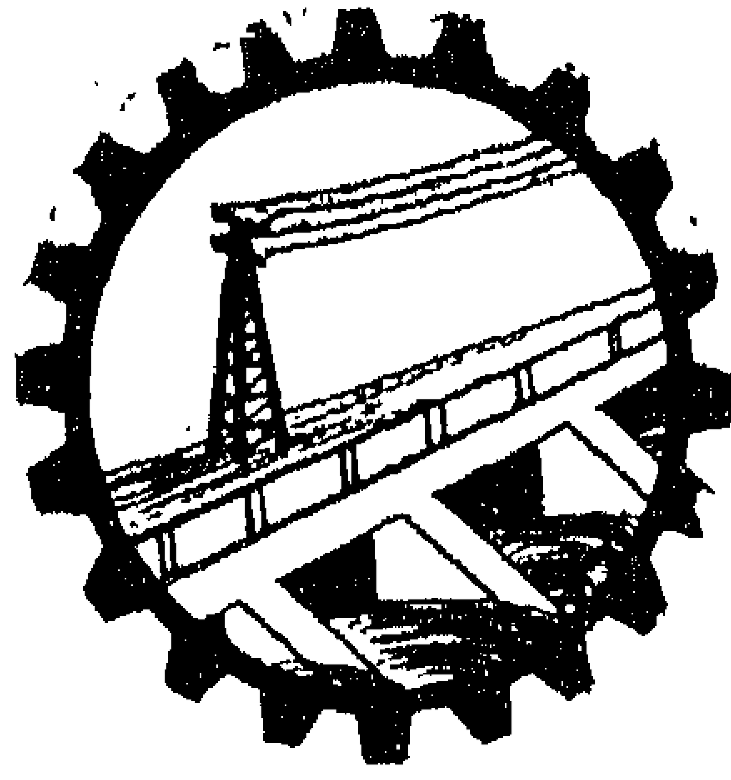




مجلة

جمعية المهندسين المصرية

العدد الأول　　المجلد الثالث　　يناير ١٩٦٤

مجلة

جمعية المهندسين

المصرية

مجلة علمية هندسية — تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

السنة الثالثة | العدد الأول | يناير ١٩٦٤

محتويات هذا العدد

القسم العربى

صفحة

القسم الافرنجى

بيـانات :

مقر المجـلة :

بالقاهرة

جمعية المهندسين المصرية

٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة

تليفون ٥٢٩١٠٦

الاشتراكات :

- جميع أعضـاء جمعية المهندسـين بالقاهرة مشتركون فى المجـلة بحكم عضويتهم .

لغير الأعضـاء :

الاشـتراك السنوى

للمهندس	للهيئات
٦٠ ص	٢٠٠ ص

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة .
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأى تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسئولة عن الآراء التى تنشر وتعبر عن رأى كاتبها فقط

الإعلانات :

مؤسسة مصر للطباعة والإعلان والنشر

١٤ شارع زكى بالتوفيقية - القاهرة تليفون ٥١٦٠١

لجنة التحرير

هــذا العـدد

دأبت المجلة منذ صدورها على نشر الأبحاث المتعمقة والنظريات الحـديثة التى يسهم بها المتخصصون فى الجمهورية العربية المتحدة فى البناء الهندسى العالمى . . وفى هذا العدد تخطو المجلة خطوة جديدة نحو الوصول إلى حل لمشكلة هندسية ليست إقليمية فحسب ، وإنمـا هى مشكلة تمتد أطرافها لتشمل الصعيد العربى بصفة خاصة . وتتعداه إلى المجال العالمى عموماً : ألا وهى مشكلة الإسكان . .

وقد ساهمت الجمهورية العربية المتحدة بجهود متواصلة لتدارس هذه المشكلة التى تتشابك خيوطها مع مرور الزمن ، فنشطت الهيئات الهندسية فى عقد المؤتمرات والندوات العديدة فى القاهرة لبحث هـذه المشاكل ، ولم يكن البحث قاصراً على المتخصصين المحليين ، بل ساهم فيه الـكثير من المهندسين والخبراء العالميين .

فعقدت لذلك ندوة عالمية تحت إشراف جمعية المهنـدسين المصرية والمنظمة العالمية لحرية الثقافة وكان موضوع هذه الندوة : العواصم الجديدة فى العالم العربى بالقاهرة فى ١٧ — ٢٢ ديسمبر ١٩٦٠ وقد نوقشت فى هذه الندوة واحد وعشرون بحثاً تناولت بالدرس تاريخ العواصم العربية والتقدم العمرانى بها والمشاكل التى تصادفها نتيجة للتوسع الصناعى والسكانى بها . .

وقد رأت اللجنة الدائمة للمؤتمرات الهندسية العربية أن مشكلة الإسكان جديرة بأن يفرد لها مؤتمر خاص ، فعقد المؤتمر الهندسى العربى الثامن فى (٨ — ١٣) مايو ١٩٦٣ ليقتصر فى بحوثه على هذه المشكلة وأتم جلساته بمقررات محـددة بعد أن ناقشت لجانه ما يربو على خمس وأربعين بحثاً فى هذه المشكلة . .

ولم يمض عام ١٩٦٣ إلا وشهدت البلاد المؤتمر الأفريقى الآسيوى للاسكان الذى دعت إلى عقده وزارة الإسكان والمرافق فى (ديسمبر ١٩٦٣) ليبحث موضوع الإسكان على الصعيد الأفريقى والآسيوى . .

وفى الأسبوع التالى لهذا المؤتمر عقد فى دار جمعية المهندسين المصرية ندوة تحت إشراف هيئة الأمم المتحدة لدراسة « تمويل مشروعات الإسكان » فى شهر ديسمبر أيضاً من عام ١٩٦٣

ولم تقتصر هذه المؤتمرات على الوصول إلى مقررات بناءة للوصول إلى الحلول السليمة لمشاكل الإسكان فى الجمهورية العربية المتحدة والعالم العربى بل كانت هذه الندوات والمؤتمرات فرصة للتعرف على الخبرات الأجنبية فى هذا المجال ، كما أن احتكاك المتخصصين والخبراءالمصريين بهذه الخبرات يعود بالخير على فن التخطيط والعمارة المصرية التى نرجو أن تعود إلى سابق عهدها الذى تشهد به الدنيا منذ فجر التاريخ . .

والمجلة مساهمة منها فى حل مشكلة الإسكان رأت أن تخصص هذا العدد لمشاكل الإسكان الريفى فى مصر ، فتقدم بقدر ما تتحمله صفحاتها بعض البحوث التى عرضت للمناقشة فى هذه المؤتمرات والندوات .

هذا وقد رأينا نشر المقررات النهائية لهذه المؤتمرات والندوات حتى تكون سجلا نسير على هديه فيما نتباحثه من أمور التخطيط والتوسع العمرانى الذى تشهده البلاد . .

والله ولى التوفيق ؟

رئيس التحرير

توصيات الحلقة الدراسية لتخطيط المدن بالعالم العربي

أولاً : الصفة العامة لمشاكل المدن :

تشترك مدن العالم العربى مع كثير من غيرها فى مشاكل عامة مثل الأحياء السكنية الفقيرة غير الصحية وازدحام المرور وعدم كفاية المرافق كمياه الشرب والكهرباء ووسائل التخلص من الفضلات ، وكذا الاختلاط الكبير فى استعمالات الأراضى ، ويزيد من هذه المشاكل تركيز النمو الحضرى فى المدن الكبيرة ، وهذه المشاكل ليست على درجة متساوية من التعقيد فى جميع مدن العالم العربى .

ولإمكان تحديد مدى تلك المشاكل وإيجاد الحلول المناسبة لها ، يجب توفير البيانات الاحصائية الدقيقة بتفصيلات كافية .

ثانياً : الهجرة إلى المدن :

الهجرة الزائدة إلى المدن الكبرى تزيد مشاكلها تعقيداً ولذا يجب دراسة أسباب هذه الهجرة وإتخاذ الاجراءات اللازمة لمواجهة هذه الحالة .

ثالثاً : علاقة تخطيط المدن بالتخطيط القومى :

١ — يجب تعزيز الترابط بين تخطيط المدن والتخطيط الاقليمى والتخطيط القومى مما يستلزم الاسترشاد برأى الاخصائيين فى تخطيط المدن عند إعداد التخطيط القومى .

٢ — لئن كان من الواجب أن يحظى الريف بالعناية الكبرى فى التخطيط القومى إلا أنه يلزم كذلك الاهتمام بالمشاكل العاجلة للحضر .

٣ — يلزم توفير الدراسات الوافية والتدريب المناسب فى التخطيط الشامل للمدن .

٤ — لتقليل مشاكل المدن الكبرى ورفع مستوى المدن الصغرى يجب إقامة المنشآت الصناعية الجديدة خارج نطاق المدن الرئيسية قدر الإمكان .

٥ — لما كان التقدم فى الصناعة قد أزال الكثير من المضايقات التى كانت تصاحبها عادة فقد أصبح فى الإمكان أن تقام داخل المدن بعض الصناعات التى كان الأمر يقتضى إقامتها خارج المدن فى الماضى .

رابعاً : التخطيط العام :

١ — تحتاج المدن العربية لتخطيطات عامة ، وهى وإن كانت وسيلة نافعة لتنظيم نموها إلا أن إعدادها لا يصح أن يؤدى إلى إهمال المشاكل العاجلة .

٢ — يعتبر إعداد وسائل تنفيذ التخطيط العام من أهم خصائصه ، وهذه تشمل لوائح البناء وتشريعات تنظيم الأحياء واستعمالات الأراضى وما إلى ذلك . على أنه يجب أن يلاحظ ألا تؤدى هذه التشريعات إلى عرقلة حركة البناء والنمو ، بل يجب أن نوجه ذلك التعمير توجيهاً سليما للصالح العام .

كما أن تعريف الأهالى بفوائد التخطيط العام لا يقل أهمية عن ذلك لضمان تعاونهم فى التنفيذ .

٣ — يلزم أن يكون التخطيط العام مرناً حتى يمكن مواجهة تغير الأوضاع والمشاكل فى المدينة .

٤ — يحتاج التخطيط العام للخدمات المشتركة للفنيين المدربين فى تخطيط المدن والهندسة والعلوم والخدمات الاجتماعية ، ولما كان العدد الحالى من هؤلاء الاخصائيين قليل جداً فى المدن العربية فإن الأمر يستلزم اتخاذ الخطوات الكفيلة بتدارك هذا النقص .

٥ — لا يجوز أن توقف السلطات البلدية حركة الإنشاء أثناء إعداد التخطيطات العامة بل عليها أن تسمح بالاستمرار فى التعمير فى حدود الإطار العام المنتظر للتخطيط .

٦ — عند تنفيذ التخطيط العام يجب أن تعتبر المساحات الفضاء وأماكن الترويح التى يشملها التخطيط فى نفس مستوى أهمية العناصر الأخرى له لما لها من قيمة اقتصادية من حيث إنتاج سكان المدن الى جانب قيمتها من حيث الترفيه عنهم ورفع مستوى معيشتهم .

٧ — يجب أن تقاوم بكل حزم المضاربات التى تتبع عادة تغيير أثمان الأراضى تبعاً لتطبيق تشريعات تنظيم استعمالات الأراضى .

٨ — بلغ اختلاط استعمالات الأراضى فى بعض المدن حداً ضاراً ، ولئن كان بعض الاختلاط فى استعمال الأراضى أمراً حتمياً بل ومفيداً فى بعض الأحيان ، إلا أنه يجب ألا يتجاوز الحدود المقبولة فى التخطيط السليم .

٩ — يجب أن تشمل حدود المدينة جميع المناطق المحيطة بها والمحتمل أن يمتد إليها نموها حتى تكون تحت إشراف السلطات بالبلدية لتستطيع أن تمنع عن طريق التطبيق الحازم للتشريعات تكوين أحياء متدهورة تدخل مستقبلا ضمن نطاق المدينة .

١٠ — نظراً لضرورة وضع تخطيط المدن على أساس من الحقائق الاجتماعية ، لذلك فإنه من الضرورى وضع معايير قياسية مناسبة فيما يتعلق بالتعليم والإسكان والملاعب وغيرها وذلك باشتراك الإخصائيين فى التخطيط القومى وتخطيط المدن .

خامساً : مسئوليات البلديات وسلطاتها :

١ — تفتقر غالبية من العالم العربى للهيئات البلدية القوية ذات السلطات الكافية وقد ترتب على ذلك أن نمت تلك المدن على غير نظام ، وقد أصبحت الحاجة ماسة لهيئات بلدية قوية فى المدن الحديثة وخاصة لإتباعها المتزايد لنظام التخطيط العام الذى لا يمكن تحقيقه إلا بوجود سلطة بلدية قوية قادرة على الحصول على مساندة مختلف الهيئات الحكومية المعنية ومعاونتها .

٢ — يلزم اشتراك سكان المدينة اشتراكا فعلياً فى شئون مدينتهم وذلك تمشياً مع روح المدينة العربية الحديثة .

٣ — كما يلزم تدبير المبالغ الكافية ووضعها تحت تصرف البلديات حتى تتمكن من مواجهة الاحتياجات القائمة والمستقبلة للخدمات العامة كالنقل العام والمياه والكهرباء والتخلص من الفضلات .

كما يجب تدبير المال اللازم لحصول البلديات على أراض معتدلة الثمن ضمن نطاق الامتداد المنتظر لاستخدامها مستقبلا للصالح العام .

سادساً : الإسكان وعلاقته بتخطيط المدن :

١ — تقتضى أهمية المسكن للانسان ، أن تعطى السلطة المختصة بالتخطيط القومى عند توزيع الاستثمارات أولوية أكبر لمشروعات الإسكان التى تعتبر صناعة فى حد ذاتها تزيد من فرص العمل ومن نشاط صناعات أخرى .

٢ — تمويل مشروعات الإسكان الاقتصادى يجب أن يكون أساساً عن طريق القطاع العام .

٣ — يجب ألا يتعرض الإسكان المتوسط وفوق المتوسط لأى قيود تعوق استثمار رؤوس الأموال فى الإنشاءات الجديدة .

٤ — نظراً لحاجة العالم العربى الماسة إلى تنفيذ مشروعات إسكان على نطاق واسع ، وعلى الأخص لذوى الدخل المحدود فإن الأمر يقتضى القيام بدراسات مستفيضة عاجلة لتحديد أنسب أنواع المساكن ومواد البناء التى تلائم احتياجات السكان وتقاليدهم مع مراعاة الأحوال الجوية والأوضاع الاقتصادية ، كما يجب النهوض بإعداد التصميمات والوحدات الموحدة المقاسات واتباعها .

٥ — يجب أن يشمل تخطيط المشروعات الصناعية مختلف الصناعات المتصلة بالإسكان كصناعة مواد البناء والأدوات الصحية والشبابيك والابواب الموحدة المقاسات .

سابعاً : الاحتفاظ بطابع المدينة العربية :

١ — يجب الاحتفاظ بالطابع الخاص بالمدينة العربية فى تخطيطها ونموها مع مقابلة المطالب الحالية والمستقبلة .

٢ — المسجد :

(ا) يلزم أن يحظى المسجد باعتبار ملحوظ فى تخطيط المدن لما له من مكانة فى التكوين الاجتماعى للمجتمع العربى .

(ب) يجب تشجيع حركة إحيـــاء الاستعمال التقليدى للمسجد ليس فقط باعتباره مكاناً للعبادة ولكن كمركز للنشاط الثقافى والاجتماعى كذلك .

(ج) صمم الكثير من المساجد واختيرت لها المواقع المناسبة لتكون بمناسبة معالم هامة فى المدن العربية ، وقد أقيمت حول الكثير منها منشآت حجبتها عن النظر ويقتضى الأمر إزالة هذه المنشآت حتى تعود للمساجد مكانتها .

٣ — تفى الأسواق العربية القديمة بوضعها الحالى بالاحتياجات التجارية للمدن الحديثة ، لذلك يجب الاحتفاظ بها مع توفير المرافق اللازمة لها ، كما يمكن محاكاتها فى تصميم الأسواق الجديدة .

ثامناً :

كانت هذه الحلقة الدراسية بداية مثمرة لتفهم المدينة الحديثة فى العالم العربى ، ويجب استمرار الاهتمام بها مما يستدعى تكوين هيئة دائمة من العرب المعنيين بشئون المدن من مخططين ومهندسين وإحصائيين فى العلوم والخدمات الاجتماعية للمضى فى دراسة مشاكل المدن والسعى فى إيجاد حلول لها

قرارات وتوصيات المؤتمر الهندسى العربى الثامن

المنعقد بالقاهرة من ٨ — ١٢ مايو (آيار) ١٩٦٣

أولا :

يتقدم المؤتمر بخالص الشكر لسيادة الرئيس جمال عبد الناصر على تفضلة بشمول المؤتمر برعايته وإيفاد السيد المهندس أحمد عبده الشرباصى عضو مجلس الرياسة نائباً عنه فى افتتاح المؤتمر .

ثانياً : قرارات وتوصيات عامة :

١ — يعلن المهندسون المشتركون فى المؤتمر اغتباطهم بتكوين اتحاد المهندسين العرب فى ٢٨ ابريل (نيسان) سنة ١٩٦٣ وتأييدهم لأهدافه ويعاهدون الله على وضع علمهم وخبراتهم تحت تصرف البلاد والأقطار العربية كافة حتى تمضى تلك التى قطعت شوطاً فى سبيل النهضة الشاملة قدماً فى مسايرة ركب الحضارة العالمى وتقدم صفوفه ، وتأخذ الأخرى منها بأسباب التقدم السريع لتلحق بالركب .

٢ — تعريب المصطلحات العلميــة والفنية والرموز وتوحيدها أمر واجب لكى تعود للعرب مكانتهم فى العلوم والفنون وضرورة حتمية للتعلم والتدريب لمن هم دون المستوى الجامعى بصفة خاصة .

ويوصى المؤتمر اتحاد المهندسين العرب بالمبادرة بمراجعة ما تم وضعه من هذه المصطلحات والرموز فى مختلف البلاد العربية لتوحيدها وتطويرها بما يتفق والنهضة العلمية المباركة فى مختلف البلاد والأقطار العربية .

ويسر المؤتمر إن يشيد بالجهود التى بذلتها إدارة التدريب المهنى بالقوات المسلحة بالجمهورية العربية المتحدة فى إعداد معجم المصطلحات الفنية المتضمن ٣٥٠٠٠ مصطلح وتعبير فنى والذى يعتبر هو وما تم إعداده فى البلاد والأقطار العربية الأخرى من معاجم أساساً صالحاً للعمل .

٣ — يوصى المؤتمر الجهات المعنية بعمل دراسات تحليلية إحصائية على مختلف المشروعات ومتابعة ما تم تنفيذه منها للتأكد من تحقيقها لأهدافها ومن صلاحية تصميمها بمقارنة نتائج تشغيلها مع المعايير التى صممت على أساسها للاستفادة منها على أتم وجه ولتحسين وتطوير المشروعات وتخفيض تكاليفها .

٤ — يؤكد المؤتمر أهمية البحوث العلمية والتكنولوجية وضرورة إيجاد مراكز لهذه البحوث تتوافر فيها الإمكانيات الضرورية ، وتؤمن لها الاعتمادات اللازمة . كما يوصى بتوثيق الروابط وتنسيق الجهود وتبادل الخبرات بين هذه المراكز فى البلد الواحد من ناحية وفى مختلف الدول والأقطار العربية من ناحية أخرى .

٥ — تفتقر البلاد والأقطار العربية إلى الخبرات الفنية على مختلف المستويات وفى مختلف التخصصات ويقتضى الأمر تعميم مراكز التدريب المهنى وتدعيمها وموالاة التدريب أثناء العمل لرفع المستوى الفنى والكفاية الإنتاجية .

٦ — لما كان التخطيط علماً حديثاً نسبياً وكانت البلاد العربية بصفة عامة يعوزها المخططون المتخصصون . لذلك يوصى المؤتمر بالاهتمام بدراسات التخطيط على المستوى الجامعى وما فوقه سواء فيما يتعلق بالتخطيط القومى أو الإقليمى أو لتخطيط المدن والقرى .

٧ — يوصى المؤتمر بالاهتمام بالوقاية من الغبار الذرى

وعمل الدراسات المتصلة بذلك ووضع التشريعات اللازمة بشأن إقامة الملاجىء الواقية من هذا الغبار على أن يصاحب ذلك حملة واسعة لتقابل خوف الجماهير من أخطار الغبار الذرى ولإنماء وعيهم لاتقاء هذه الأخطار عن طريق النشرات المبسطة .

٨ — تقتصر القوانين الحالية المتعلقة بالإسكان على تقسيم الأراضى وإنشاء الأبنية وقد أصبحت هذه القوانين فى حاجة إلى التعديل . كما أن هناك حاجة ماسة لإصدار قوانين تتعلق بتخطيط المدن والقرى متضمنة استعمال الأراضى وتحديد المناطق وإزالة الأحياء غير الصحية .

ويوصى المؤتمر بسرعة إعداد وإصدار التشريعات الشاملة فى هذا الصدد على أن تنبثق هذه القوانين من الأسس والمبادىء التخطيطية والهندسية السليمة وفقاً لظروف البيئة المحلية .

ثالثاً : تخطيط المدن :

١ — يؤكد المؤتمر أهمية التخطيط القومى لتحقيق النمو المتكامل للمجتمع فى البيئة العربية خصوصاً فى مرحلة النمو السريع الذى تجتازه لمسايرة ركب الحضارة والذى يثقل مواردها المادية والبشرية : ويوصى بإنشاء هيئات عليا للتخطيط القومى فى جميع البلاد والأقطار العربية التى لم تأخذ بذلك بعد على أن تضم أخصائيين فى مختلف ميادين التخطيط الشامل وأن تراعى أهمية دور المهندسين المتخصصين فى التخطيط الإقليمى وتخطيط المدن والقرى .

٢ — يؤكد المؤتمر التوصيات السابقة بشأن ضرورة توافر البيانات الإحصائية الدقيقة على التفصيل الكافى والمسح الشامل لإمكان وضع المخططات القومية ويوصى بالتعجيل بذلك .

٣ — يوصى المؤتمر بالتعجيل بإعداد تخطيطات عامة لمختلف الحواضر والمدن العربية على أن تكون من المرونة بما يسمح بمسايرة التطور المستمر وأن يراعى ربطها بالتخطيط الإقليمى للمنطقة المحيطة بها .

٤ — يرى المؤتمر أن تتضمن اللجان الفنية الدائمة لاتحاد المهندسين العرب لجنة تختص بتخطيط المدن والتخطيط الإقليمى .

٥ — يوصى المؤتمر بضرورة الاهتمام بالدراسات التخصصية العليا فى تخطيط المدن والقرى .

٦ — يوصى المؤتمر بالمبادرة إلى وضع أسس لتحديد المصطلحات اللازمة لمختلف منشآت الخدمات العامة .

٧ — لما كانت البلاد العربية تتضمن مساحات صحراوية شاسعة تحسن الاستفادة منها على أكمل وجه يوصى المؤتمر بالاهتمام بالدراسات والأبحاث الخاصة بهذه المناطق وباستغلالها وتعميرها على أسس علمية سليمة .

رابعاً : تخطيط وإصلاح القرية :

١ — يؤكد المؤتمر أهمية العناية بإصلاح القرى العربية التى يسكنها ما يقرب من ثلثى السكان فى بعض البلاد والأقطار والتى لا تزال فى حالة التخلف لا يصح السكوت عليها . بعمل دراسات شاملة للقرى تتضمن النواحى العمرانية والصحية والتعليمية والاقتصادية والاجتماعية ووضع برامج للنهوض بالقرى من جميع النواحى .

٢ — لما كان إصلاح القرى العربية عملا ضخما يتطلب جهوداً كبيرة وأموالا كثيرة ووقتاً متسعاً لذلك يوصى المؤتمر بوضع سياسة عاجلة لإصلاح القرى وسياسة طويلة المدى للسير على هداها .

وفيما يتعلق بالسياسة العاجلة يرى المؤتمر إدخال تحسينات فى جسم القرية الحالية من حيث الشوارع والميادين وتوفير المرافق العامة لها والعمل على أن تقام المبانى الجديدة خارج القرية الحالية والاكتفاء بالإصلاحات اللازمة للمبانى القائمة واختيار المواقع المناسبة لامتداد القرية وتركيز المبانى الجديدة والخدمات فيها .

وبالنسبة للسياسة البعيدة المدى يوصى المؤتمر بأن يكون تخطيط القرية على أسس إقليمية مدروسة ترغب سكان القرية

فى البقاء فيها وتقلل من هجرتهم إلى المدن مما يخلق المشاكل للقرية والمدينة معاً .

ومن جهة أخرى يوصى المؤتمر بعمل تخطيط إقليمى شامل للريف يراعى فيه التطور الزراعى والاقتصادى كما يوصى بالتوسع فى إنشاء الصناعات الريفية لرفع المستوى الاقتصادى لسكان الريف .

٣ — يوصى المؤتمر بالربط الوثيق بين مختلف الهيئات والمصالح التى تعنى بشئون القرية وتنسيق العمل بينهما وإيجاد جهاز يختص برسم سياسة إصلاح وتعمير القرى

٤ — يوصى المؤتمر بالتوسع فى عمل الدراسات والبحوث الفنية المتصلة بالقرية وبالمسكن الريفى ويوضع معايير قياسية لوحدات المسكن لتحسين طرق الإنشاء وتخفيض التكاليف. كما يوصى بالامتداد الرأسى للمبنى لمواجهة النمو المتزايد فى عدد السكان .

٥ — يشكل النمل الأبيض خطراً على بعض القرى فى أغلب البلدان العربية ويوصى المؤتمر بالاستفادة بما تم من دراسات فى هذا الشأن وباتخاذ الاحتياطات الوقائية فى إنشاء المبانى للتقليل فى هذا الخطر .

خامساً : الإسكان :

١ — يبدى المؤتمر اهتمامه بما تم فى بعض البلاد العربية من إعداد المواصفات القياسية والقواعد التطبيقية واشتراطات أسس التصميم والتنفيذ المتصلة بالإسكان ويوصى بسرعة إصدارها وبمبادرة البلاد العربية الأخرى بدراستها والأخذ منها بما يتفق مع ظروفها الخاصة — كما يوصى بموالاة الدراسة وتطوير هذه المواصفات والقواعد والاشتراطات .

٢ — يوصى المؤتمر بوضع اشتراطات تحكم الحد الأدنى لوحدات المسكن من حجرات ومنافع وفتحات من حيث المساحة والارتفاع والحجم .

٣ - يوصى المؤتمر بأن تكون المجموعات والمناطق السكنية مكتملة المرافق والخدمات وأن تنفذ هذه المرافق فى نفس الوقت الذى تنشأ فيه المجموعات السكنية وبالقدر اللازم لها .

٤ — يوصى المؤتمر بالتوسع فى إنتاج الخامات وتدبير الأدوات والمواد والمعدات اللازمة للبناء بما يفى بحاجيات البلاد . كما يوصى بتوحيد المقاسات لتخفيض تكاليف البناء .

٥ — تحقق أجزاء المبانى السابقة الصنع وفراً فى التكاليف وفى مواد البناء وسرعة فى تشييد المبانى المتكررة الوحدات ولذلك يوصى المؤتمر بالتوسع فى استعمالها وفى إقامة المصانع اللازمة لها على أن يراعى فيها ظروف البيئة المحلية .

٦ — لما كانت المبانى ثروة قومية يجب الإبقاء عليها ما أمكن ونظراً لما هو مشاهد من عدم الإهتمام بأعمال الصيانة يوصى المؤتمر بالعمل على نشر الوعى اللازم فى هذا الصدد وعلى تخصيص الاعتمادات المطلوبة لصيانة المبانى الحكومية والعامة .

٧ — تستلزم النهضة الصناعية وما يتبعها من وجود مجموعات كبيرة من العاملين بالمصانع بجوارها تهيئة مشروعات إسكانية متكاملة لهذه المجموعات . ويوصى المؤتمر باعتبار هذه المشروعات جزءاً متمماً للمصانع يساعد على رفع القدرة الإنتاجية فيها .

سادساً : العمارة :

١ — يوصى المؤتمر بأن يقصر وضع التصميمات المعمارية على المهندسين المعماريين المؤهلين .

٢ — يوصى المؤتمر بالمحافظة على خصائص الطرز المعمارية العربية وتطوير هذه الطرز وتطبيقها فى إنشاء بعض المبانى العامة كالمتاحف والمعارض والمكتبات .

٣ — يوصى المؤتمر بالمحافظة على المناطق الأثرية الهامة ذات الطابع الخاص باعتبارها تراثاً قومياً ومنع إقامة المنشئات التى تقضى على روعة المنطقة وسن التشريعات اللازمة لذلك.

سابعاً : مواد البناء :

١ — يوصى المؤتمر بما يلى :

(ا) التوسع فى إنتاج الحديد عالى المقاومة والمعالج على البارد .

(ب) التوسع فى استعمال الخرسانة خفيفة الوزن والخرسانة سابقة الإجهاد .

(حـ) التوسع فى زراعة الأشجار التى تصلح أخشابها لبناء ودراسة الأشجار الموجودة فى البلاد العربية والأفريقية والآسيوية من حيث صلاحيتها لهذا الغرض .

(د) التوسع فى إنتاج الخشب الصناعى من المخلفات الزراعية .

(هـ) الاهتمام بصناعة اللدائن كمادة بناء حديثة ينتظر لها توسع كبير فى المستقبل .

٢ — نظراً لأهمية الأسمنت التمددى للخرسانة سابقة الإجهاد الكيميائى ولما ينتظر أن تحدثه من تطور فى صناعة البناء يوصى المؤتمر بضرورة إنتاج هذه المادة فى البلاد والأقطار العربية والتوسع فى استعمالها

ثامناً : المرافق :

١ — تعانى أغلب المدن والقرى العربية نقصاً كبيراً فى المرافق العامة وانخفاضاً فى مستوى الموجود منها — ولما كانت مشروعات المرافق العامة كبيرة التكاليف ويحتاج القيام بها إلى دراسات وخبرات فنية وتكنولوجية عالية ، لذلك يرى المؤتمر أن تتكفل الحكومات بمسئوليات هذه المشروعات وتعميمها على جميع السكان بما يطابق الحاجيات والإمكانيات وإن تعتبر من الخدمات العامة وإن تقدمها الحكومات للشعب بأقل الأسعار .

٢ — يوصى المؤتمر بتوحيد ذبذبة القوة الكهربائية وضغوطها فى كل بلد عربى وفى البلدان العربية عامة على أن يتم هذا التوحيد فى أقصر وقت ممكن .

٣ — تفتقر غالبية المدن العربية إلى الصرف الصحى (المجارى) رغم أهميته الصحية ويوصى المؤتمر بأن تتمشى مشروعات الصرف الصحى مع مشروعات تعميم مياه الشرب وأن يبدأ بالمدن الشديدة الاحتياج لهذا المرفق .

٤ — تعتبر مشكلة التخلص من الفضلات الآدمية من المشاكل الشديدة الخطورة على الصحة العامة خصوصاً فى المناطق الريفية ويوصى المؤتمر بأن تعنى الحكومات والإدارات المحلية والهيئات الهندسية بالعمل على تعميم المراحيض المنزلية وتقديم المساعدات الفنية والمالية والقيام بالدراسات الضرورية لذلك .

٥ — تعانى بعض الحواضر مشاكل عديدة تتصل بالنقل العام داخلها ويترتب عليها ضياع الكثير من الوقت والمال ، ويوصى المؤتمر مشدداً بضرورة الاهتمام بهذه المشاكل ووضع الحلول لمواجهتها مع الاستعانة بالنقل تحت سطح الأرض عند الاقتضاء .

توصيات المؤتمر الأفريقى الآسيوى للاسكان

قرارات وتوصيات المؤتمر الهندسى العربى الثامن :

يتقدم المؤتمر بخالص الشكر لسيادة الرئيس جمال عبد الناصر على تفضله بشموله المؤتمر برعايته وإيفاد السيد المهندس أحمد عبده الشرباصى عضو مجلس الرياسة نائباً عن سيادته فى افتتاح المؤتمر :

١ — يعلن المشتركون فى المؤتمر اغتباطهم وتأييدهم لفكرة انعقاده لما يحققه تبادل الخبرات والدراسات بين الدول المشتركة من نتائج طيبة ويوصون بضرورة انعقاد هذا المؤتمر بصفة دورية كل سنتين .

٢ — نظراً لتشابه مشكلات الإسكان فى الدول الأفريقية والآسيوية فى كثير من نواحيها وعملا على تهيئة ظروف التعاون الوثيق بينها فى مجال الإسكان

يوصى المؤتمر بالعمل على إنشاء مركز دائم للاسكان والبناء والتخطيط للدول الأفريقية والآسيوية يعمل على تيسير تبادل المعلومات والخبرات بين مراكز إقليمية لهذه الدراسات .

٣ — يوصى المؤتمر بضرورة وضع مشاكل الإسكان فى الأولوية المناسبة عند وضع خطط التنمية باعتبارها جزءاً هاماً من مراحل التطور التى تمر بها هذه الدول — وينوه بأن مشروعات الإسكان لا تقتصر على كونها من مشروعات الخدمة بل تساهم مساهمة فعالة فى خلق وتدعيم الصناعات المتصلة بها كما تساعد على زيادة فرص العمل والإنتاج .

٤ — إزاء قصور الموارد المادية المخصصة للاسكان بالدول النامية عن إستيفاء مختلف إحتياجات شعوبها للمساكن اللائقة ومواجهة الإحتياجات التى يتطلبها زيادة عدد السكان ومقابلة النقص فى المساكن والحد من التدهور المستمر فى المساكن القائمة وتحقيقها لأكبر استفادة ممكنة للموارد المخصصة للاسكان وتحقيقاً للعدالة الاجتماعية :

يوصى المؤتمر بإعداد برامج طويلة الأجل للاسكان فى إطار متناسق يراعى فيه زيادة نسبة ما ينشأ من المساكن المنخفضة التكاليف .

٥ — نظراً لما تقطعه الدول الأفريقية والآسيوية من خطوات سريعة فى مراحل نموها وتطورها :

يوصى المؤتمر بالأخذ بمبادىء التخطيط الشامل الطويل الأجل بمستوياته القومية . والإقليمية والمحلية لتطوير هذا النمو فى إطار متكامل يحقق هدفها الأساسى من ارتفاع لمستوى رفاهية شعوبها الذى يعتبر المسكن اللائق أحد العناصر المحققة لها .

٦ — يوصى المؤتمر بأن يتم توزيع التجمعات السكنية على أساس من التخطيط الإقليمى الشامل الذى يستهدف التوازن بين طاقات الصناعة والزراعة كمصادر للرزق وبين عدد السكان فى تلك التجمعات بما يحقق التوزيع السليم للسكان .

٧ — يوصى المؤتمر بأن تبنى سياسة تخطيط المدن على أساس إعادة تخطيط وتعمير المناطق الغير صحية وذلك فى نطاق الاستعمال السليم للأرض حتى لا تستقطع المدن فى مراحل نموها مساحات من الأراضى الزراعية والأراضى المخصصة لأغراض الترويح .

٨ — نظراً لحاجة التجمعات الريفية فى الدول الآسيوية الأفريقية إلى التطوير :

يوصى المؤتمر بضرورة إعادة تخطيط القرية فى ظل سياسة عامة إقتصادية وإجتماعية تستهدف الإرتفاع بمستوى الريف ويجب العمل على رفع مستوى المسكن الريفى فى إطار برامج هذه السياسة بحيث يعبر عن تطور القرية وتطور المستوى المعيشى والإجتماعى للأسرة التى تشغله .

٩ — نظراً لعدم توافر رأس المال المدخر لدى أفراد الطبقات قليلة الدخل بالمناطق الريفية .

يوصى المؤتمر بتوجيه كل عناية نحو استخدام طاقاتهم البشرية عن طريق العمل الذاتى فى تحسين مستوى بيئتهم السكنية .

١٠ — لتخفيف أعباء القطاع العـام فى حل مشاكل الإسكان لمحدودى الدخل :

يوصى المؤتمر بتشجيع النشاط التعاونى الإسكانى بالحضر والريف وتدعيمه بمختلف المساعدات الفنية والمادية لضمان قيامه بدورة الفعال فى هذا المجال .

١١ — تنظيما وتدعيما لعملية تمويل مشروعات الإسكان:
يوصى المؤتمر بإنشاء بنوك تودع فيها المبالغ التى تخصص لهـذا القطاع وكذلك مدخرات الأفراد التى تستثمر فى هذا المجال .

١٢ — يوصى المؤتمر أن تقـوم الدول الأفريقية والآسيوية بإصـدار قانون منسق خاص بشئون الإسكان وتخطيط المدن لبيان الحد الأدنى لمقومات المسكن الصحى وينظم المساعدات الفنية والمادية .

١٣ — نظراً لزيادة عدد السكان بنسبة كبيرة فى معظم الدول النامية مما يعرقل المجهودات التى تبذل لزيادة الدخل القومى وبالتالى رفع مستوى دخل الفرد ومستوى المعيشة كهدف أساسى لهذه الدول :

يوصى المؤتمر أن تقوم الدول الأفريقية والآسيوية التى يهمها الأمر ، بوضع سياسة محددة لتنظيم الأسرة والنسل مع نشر الوعى الاجتماعى والثقافى فى هـذا الخصوص بكافة الوسائل .

١٤ — يوصى المؤتمر بتنظيم برامج للتوعية المعيشية والاجتماعية بين الطبقات المحدودة الدخل فى الدول النامية عن طرق استعمال المساكن وصيانة وإدارة المناطق السكنية جنباً إلى جنب مع إنشاء المساكن وتحسين القائم منها حتى يستمر السكن فى أداء وظيفته كمأوى لائق تنتفع به الأسرة أطول مدة ممكنة ولا مكان المحافظة عليه كعنصر هام من عناصر الثروة القومية .

١٥ — يوصى المؤتمر بضرورة دراسة ومتابعة تحقيق المشروعات السكنية لأغراضها حتى يمكن تطوير المشروعات المستقبلة حسب ما تقضى به نتائج المتابعة .

١٦ — نظراً للنقص الشديد الذى تعانيه غالبية الدول الناميـة فى الأجهزة الفنية للتخصصات المختلفة فى التخطيط والإسكان والبناء والحاجة الشديدة لتوفير الاحتياجات اللازمة من هذه التخصصات لمجابهة التطورات السريعة فى هذه الدول.

يوصى المؤتمر بضرورة تدعيم برامج التدريب والتعليم بمستوياته المختلفة وخاصة التعليم الجامعى فى هذه المجالات .

١٧ — تشكل مواد البناء قطاعا من أهم القطاعات الاقتصادية فى الدول النامية وتدخل بصورة فعـالة فى كل ما يقام لتدعيم صرح الاقتصاد القومى بها :

ويوصى المؤتمر بضرورة القيام بدراسات فنية لمواد البناء المتوفرة حالياً بغرض تحـديد خواصها وإمكانيات استخدامها والعمل على تطوير طرق تصنيعها واستنباط الجديد منها والبحث عن استعمالات جديدة لها .

١٨ — يوصى المؤتمر بالاستمرار فى دراسة استخدام الوحدات الجاهزة بغرض الحصول على وفر فى تكاليف البناء وتوفير الوقت اللازم للانشـاء ، على أن يراعى تصنيع الوحدات الجاهزة محلياً وسهولة تركيبها .

١٩ — نظراً لزيادة حجم مشروعات الإسكان والتشييد بصورة عامة فى البلاد النامية ، والتطور العمرانى الـكبير فى صناعة البناء فيها مع إتساع مجال استخدام كثير من مواد البناء .

يوصى المؤتمر بضرورة اتخاذ الخطوات اللازمة لاستكمال وضع المواصفات القياسية لمواد البناء المستخدمة فيها ، مع ضرورة إعطاء هذه المواصفات الفاعلية الملزمة للصناعات المحلية باتباعها .

٢٠ — نظراً لتعقد مشكلة المواصلات بالمدن الـكبرى.

يوصى المؤتمر بأن تدرس هذه المشكلة كعنصر هام من عناصر التخطيط العام للمدينة .

الاسكان الريفي

اقتراحات اللجنة العليا لبحوث القرية

بوزارة البحث العلمي

للأستاذ الدكتور أنور المفتي

كان بالإمكان أن تكلف اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية أحد أعضاءها المهندسين لإلقاء هذه الكلمة وبها من فطاحل المهندسين من هو أقدر مني بكثير على تمثيل اللجنة .

ولكن اللجنة أصرت على ندبي للمساهمة في هذا المؤتمر — إمعاناً منها في إبراز حقيقة ترقى في نظرها إلى حد اليقين والإيمان — هذه الحقيقة هي أن الإسكان الريفي ليس عملية هندسية محددة المعالم ، وإنما هي مسألة أعمق من هذا بكثير ، إذ أنها عملية متكاملة تشمل تنمية المجتمع الريفي في كافة النواحي دون ترك ثغرة قد تؤدي بجميع الجهود المبذولة .

الإسكان جزء من عملية تنمية المجتمع ، والمشكلة السكنية في ريفنا المصري عميقة الجذور لأنها انعكاس لانخفاض المستوى المعيشي والتأخر الاجتماعي الذي عاني منه فلاحنا سنوات طويلة . فالمشكلة السكنية في ريفنا إذ لا تقف وتنتهي بمجرد هدم القرى وبناءها من جديد ، فما هذا إلا علاجاً ساذجاً للأعراض وليس علاجاً للداء الدفين . ونحن جميعاً نعلم أن مشروع مكافحة الحفاء أخفق لأنه عالج ظاهرة سطحية ولم يتصد للأسباب .

والاتجاه إلى حل المشكلة بإعادة بناء القرى من جديد دون أن يصحب هذا التجديد المعماري عملية جذرية لتنمية المجتمع الريفي وتغيير القيم التي تقف في سبيل التطور السليم لن يؤدي إلى نجاح يذكر ، لأن دور الدولة يجب ألا يزيد عن المساندة والعون والإرشاد والتنمية نفسها يجب أن تتبع تلقائياً من القرية بمساعدة توجيه المسئولين .

وأنه لما يثلج صدورنا أن نلمس وعياً عاماً ويقظة ضمير من كافة الهيئات العاملة في جمهوريتنا الفتية بحق مجتمعنا الريفي في نهضة شاملة ومصدر هذا الوعي شعور القلق البالغ لما يكتنف القرية المصرية من تأخر يقلل من شأن أي تقدم نحرزه في كافة المجالات الأخرى .

تجارب متعددة لتنمية المجتمع الريفي :

ومن الظواهر التي تدعو للارتياح والتأمل قيام تجارب متعددة مختلفة الأشكال والأحجام كلها تتجه نحو تنمية المجتمع الريفي .

ولعل أهم الخطوات الجبارة التي تمت في سبيل تقدم المجتمع الريفي هي الحكم المحلي ونحن لا نبالغ إذا قلنا إنه بدون هذه الخطوة كان من المحال تحقيق أي تقدم حقيقي في هذا السبيل . ولا نبالغ في التفاؤل إذا توقعنا نتائج باهرة للحكم المحلي خاصة عندما ينطبق واقعة على الفلسفة التي أملت وجوده — أي عندما يبدأ التخطيط والمبادأة من القاعدة أي من القرية .

ومن المشروعات الهامة أيضاً ما تم من إمداد القرى بمياه الشرب النقية وإننا لنشعر بالفخر للخطوات التي

والمجلة ماثلة للطبع انتقل إلى رحمة الله الأستاذ الدكتور أنور المفتي .. وقد ترك بوفاته فراغاً في عالم الطب والحياة الاجتماعية ، فلم يقتصر نشاط الفقيد على أستاذيته في الطب بل اتسعت جهوده لتشمل النواحي العمرانية في الريف وتطويره ..

والمجلة إذ تنعاه ترجو من الله أن يتغمده برحمته بقدر ما أسهم به في خدمة وطنه ومواطنيه ..

اتخذت فى هذا السبيل حتى الآن ، وإن أى مقارنة دراسية لنسبة أمراض التلوث المعوى عنـــد الأطفال والبالغين فى القرية قبل إمدادها بالماء وبعده ليجعلنا نؤمن أن المبالغ التى أنفقت لتنفيذ هذا المشروع تتضاءل بجانب نتائجه العظيمة .

ولن أطيل هنا فى تقييم أعمال الوحدات المجمعة التى كانت بشيراً ورائداً للحكم المحلى وما ينتظر منها من خدمات تحقق تـكامل حلقات نمو المجتمع الريفى فى مجال الزراعة والتعـاون والرى والصرف والتعليم ، كما لن أتوسع فى التحدث عن الدور المرموق الذى ننتظره من العيادات الريفية وخاصة عندما تتمكن من التصدى لواجباتها الوقائية.

وهناك تجارب متعـددة للتنمية الزراعية على نطاق المحافظات . إحداها تهدف إلى زيادة الإنتاج وميكنة الزراعة، وأخرى تتجه إلى الفلاحين لتقوى من إمكانياتهم التعاونية لـكى تساندهم فى أن يزيدوا من دخلهم بأنفسهم . وهنـاك تجربة ثالثة على نطاق ضيق تقوم بها وزارة البحث العلمى وهى تجربة بؤرية focal إقتصرت على ست قرى فى محافظتى الجيزة والبحيرة وبدأت منذ سنة وهدفها دراسة مناهج تنمية المجتمع الريفى وإعطاء نمـاذج حية لطرق الإصلاح التى تنبثق من واقعنا وتتناسب مع إمكانياتها وطاقاتنا .

وهنا يجدر بى أن أستعرض ما وصلت إليه اللجنة القائمة بهذه التجربة من آراء وما أخذت به نفسها من مبادىء فى العمل ، مع التركيز بصفة خاصة على خطتها فى مواجهة مشكلة الإسكان فى الريف .

الخطة العامة للتنمية

١ — المسح والتقييم :

كانت أول خطوة اتخـذت فى منهج دراسة القرى الست التى وقع عليها الإختيار كتجربة لتنمية المجتمع الريفى هى عملية المسح الإجتماعى والصحى والإقتصادى الشامل للتعرف على الظروف المحليـة فى كل قرية وعلى احتياجات سكانها الفعلية ولأخذ صورة حية بالأرقام والإنطباعات الشخصية عن ظروف القرى حالياً ، حتى يتم التقييم — بعد بضع سنوات من تنمية المجتمع — على أساس علمى يسهل عملية المقارنة ولمس النتائج التى وصلت إليها عملية التنمية .

ونحن نؤمن أن التقييم بمساعدة هيئة معاينة ، غير الهيئة القائمة بالخطوات العملية فى أى مشروع أو برنامج ، ضمـان لعدالة الحـكم لأن النفس البشرية مهما تجردت من الهوى لا ترى من أخطائها ما يراه الغير .

ولضمان موضوعية البيانات وبعدها عن الهوى الشخصى أسندت عملية المسح إلى هيئة محايدة لها وزنها العظيم من ناحية العلم والـكفاءة الميدانية وهى المركز القومى للبحوث الإجتماعية والجنائية . وستتم عملية التقييم بعد عدة سنوات بمساعدة نفس الهيئة .

وعمليتا المسح والتقييم هما سبيلنا إلى التعرف على نواحى الضعف والقوة فيما نؤديه من أعمال وهما سبيلنا إلى تلافى تكرار الخطأ فى المستقبل ، وحيث أن تجربتنا برؤية مركزة على ست قرى تختلف ظروف كل واحدة منها عن الأخرى فنحن نعتقد أن أى خطأ فى خطواتنـا العملية وأى فشل يعترضنا فى حدود التجربة الصغيرة يعد نجاحا ما دمنا نتنبه إليه ونعترف به فى شجاعة ، إذ سيساعدنا على تحاشى تعميمه .

٢ — التنمية تنبع من قلب القرية :

وأن يقيننا ليزداد كل يوم عن تجربة بأن أهالى القرية أقدر على تفهم مشاكلهم بأنفسهم وعلى تلمس الحلول لتلك المشاكل ، من أى هيئة أخرى خارجية ، مهما بلغ من علمها وإمكانياتها . وأن ما رأيناه ولمسناه من ذكاء واستعداد طيب فى ندواتنا المتكررة فى الريف ليوحى بتفاؤل حقيقى .

وعملية التنمية حين تتم بسواعد أبناء القرية تـكون تنمية جذرية أصيلة تلقائية صادرة عن رغبة صادقة ومن ثم يكتب لها البقاء والدوام . بينما أى خدمات تقـدم للقرية بدون مشاركة الأهالى تنقص درجة كفاءتها بشكل قد يؤدى

إلى عكس المقصـــود منها . وأمامنا مثال حى على ذلك ، فالوحدات المجمعة ، وهى نظرياً أقصى ما يمكن لدولة ما أن تمد به قراها ، هذه الوحدات تصبح أجهزة عاجزة لا كفاءة لها إذا لم يساهم الأهالى فى أعمالها مشاركة واعية .

وعلينا إذا أن نضع فى إعتبارنا دائماً النقطتين التاليتين :

(أ) أولا : أن خطط تنمية الريف حين ترسم فى المكاتب وأن عمليتا الإشراف والتوجيه حين تصدران من أعلى ولا تنبع فى مجموعها من قلب القرية النابض وباشتراك الأهالى لن تؤدى إلا إلى سلبية الأهالى وإلى وقوفهم وقفة المتفرج الذى يملؤه الشك .

(ب) ثانياً : إن لكل قرية مشاكلها وظروفها المحلية الخاصة بها . وأنه كما لا يمكن علاج مجموعة من المرضى بوصف دواء واحد لهم لا يمكن تعميم عملية الإصلاح بمنهج موحد فى كل القرى ، إذ يجب أن يفصل الإصلاح على القرية تفصيلا كرداء يختاره كل فرد ويوصى به لأنه يلائمه .

٣ — الإهتمام بالعنصر البشرى وصقل القيادات المحلية :

إن الإشتراك الفعلى فى عملية التنمية يجب أن يتم بطريقة منظمة عن طريق إعطاء الفرصة لإبراز القيادات المحلية . والإعتماد على شباب القرية فى كل الخطوات بتنظيمهم فى مجلس قرية ذو كفاءة وعدالة وفى جمعية تعاونية ذات أسس سليمة ونزاهة ، وهما أهم ضمان لاستمرار وازدهار عملية التنمية .

وهناك الكثير من الخامات الطبيعية الأصيلة فى ريفنا المصرى . وقد لاحظنا أن الشباب فى القرى التى عملنا بها كانوا يتعجبون فى مبدأ الأمر لأننا نستشيرهم فى كل خطوة نتخذها لأنهم تعودوا أن يفرض وأن يملى عليهم كل إجراء دون استجابة تلقائية . ولكن بعد عدة ندوات ظهرت المبادأة وظهرت قيادات لم نكن نطمع فى ظهورها بهذه السرعة ، وكل ما تحتاج إليه تلك الخامات ما هو إلا عملية تدريب منظم، ونحن فى سبيل إتخاذ هذه الخطوة بمساعدة مركز التنمية بسرس الليان .

٤ — دور الحكم المحلى فى التنفيذ :

إننا نعتقد أن رسالة الحكم المحلى الكبرى هى النهوض بالريف ومن ثم لجأت اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية إلى الإستعانة فى عملية التنفيذ بالحكم المحلى فى محافظتى الجيزة والبحيرة . وهاتان المحافظتان تقع فى نطاقها القرى الست التى تجرى عليها التجارب وأن التعاون الوثيق بين اللجنة وأجهزة الحكم المحلى فيه تدريب على العمل كفريق وخطوة أولى فى مجال التجربة حتى يبدأ التعميم . ذلك أنه عندما تثبت صلاحية أى منهج من مناهج تنمية المجتمع الريفى سيقع عبء التعميم فى القرى على الحكم المحلى ، ولذلك كان قيامه بأكبر قسط من التنفيذ ضماناً لأصالة التجربة ولقبولها للتطبيق والتعميم بعد نجاحها .

٥ — التكامل integration فى عملية التنمية :

إن مشاكل القرية كل لا يتجزأ مثل شخصية الفرد فى تكاملها . وتؤمن اللجنة أن أى نمو للقرية فى ناحية معينة بالناحية الإقتصادية أو الثقافية أو الإسكانية بدون نمو مماثل متكامل فى النواحى الأخرى ينتج عنه مسخ مشوه ، وينتج عنه بلبلة بالغة .

فمثلا إذا عمدنا إلى زيادة دخل الفلاح بدون أن تصحب هذه الزيادة توعية عامة وبدون محاولات لتنظيم النسل ، سرعان ما تبخرت هذه الزيادة بازدياد أعباء الفلاح المالية لتضخم حجم أسرته وراحت كل الجهود التى بذلت فى سبيل زيادة الدخل هباء ، إما لعدم معرفته بطرق الإنفاق السليمة ، ذلك أن أى زيادة فى الإنتاج لا يصاحبها توعية الأهالى بما لهم من حقوق وما عليهم من واجبات تجعل من السهل ابتزاز حقوقهم ومكاسبهم .

ومثال آخر . . . إذا على العكس بدأنا بالتوعية قبل توفير الخدمات قد يؤدى شدة حماسنا إلى أثر عكسى . فاذا ما بدأ فى قرية ما بتوعية الناس للأخذ بالعادات الصحية السليمة بدون تيسير المرافق الصحية فحتما سيؤدى ذلك إلى خلق موجة من القلق فى النفوس وعدم الرضا .

وعلى ذلك يجب أن تسير عملية التوعية جنباً إلى جانب توفير الخدمات وأن تكون الخدمات متكاملة لا تترك ثغرة ينتكس منها عملية التنمية فى كليتها .

٦ — التدرج فى توفير الخدمات :

يجب ألا تهز عملية التنمية القرية هزاً عنيفاً قد يحدث رد فعل عكسى . بل أن تتم العملية فى تدرج مع احترام أساليب الحياة الموجودة . ذلك أن التقاليد حتى لو بدت للنظرة السطحية المتعجلة أنها مما يعرقل عجلة التقدم ، هذه التقاليد هى فى الواقع حكمة الأجيال والأيام التى استعانت بها القرية على البقاء رغم كل ما أحاط بها من ظروف قاسية وهى قابلة للتغير التدريجى عندما تتغير الظروف التى أدت إلى ظهورها .

فإذا ما سقنا عملية الإسكان كمثال نجد القائلون بوجوب الإسراع فى تنفيذ نظام الزرائب المجمعة صيانة لصحة الفلاح ولكنا لو تعمقنا فى التعرف على تمسك الفلاح بماشيته لعرفنا أن السبب الرئيسى هو اعتبار تلك الماشية أهم أركان رأس ماله ، فهو إذا يدافع عن أثمن ما يملك حين يأوى الماشية إلى جانبه داخل داره . . . وإذا ما رغبنا فى تغيير هذه العادة فلنبدأ أولا بتثبيت دعائم عملية التأمين على الماشية ومتى وفرنا له الأمان ضمناً استجابته .

ومثال آخر للتدرج عملية الماكينة فى الزراعة (الاستعانة بالآلات) فكلنا نعرف أن مشكلتنا الرئيسية ترجع إلى التزايد السريع فى السكان . وإن التدرج فى الاستعانة بالآلات الميكانيكية سيجنبنا الكثير من العثرات وأهمها خلق بطالة جارفة فى الريف زيادة على البطالة المقنعة الموجودة فعلا بسبب الحاصلات الوسمية . فإذا أخطأنا التوقيت وبدأنا بالماكينة قبل خلق مجالات صناعية أو مشروعات جديدة لاستصلاح الأراضى تستوعب الأيدى الزائدة لتسببنا فى تعاسة البشر وانتزاع العمل الشريف من يد الزارع على حساب زيادة الإنتاج الزراعى وخاصة فى المحافظات التى تزدحم بالسكان . فعلينا أن نراعى العامل البشرى وألا نخل بالتوازن الحضرى فى فورة حماسنا بالإسراع بالماكينة .

البرنامج الاسكانى :

أما فيما يتعلق بخطة الاسكان فى الريف فقد أخذت اللجنة بالتزام القواعد الآتية :

١ — التطوير لا الطفرة :

تفضل اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية فى برنامجها الاسكانى للقرى الست التى ركزت بها الدراسة الطريقة التهذيبية لاصلاح مساكن القرية ومرافقها مع العمل على تخطيط امتداد القرية ووضع كردون لا تتعدى نطاقه المبانى المستجدة وذلك على عكس القرية المستجدة التى تبنى فى مناطق الإستصلاح والتعمير والتى تشمل مبانى سكنية كلها جديدة .

والقرية الحالية كما هو معروف تنمو من الداخل مما يسد مسالكها ويجعل من المتعذر تحسين البيئة فيها . وهنا لا بد من خلخلة القرية للتضحية ببعض المساكن . وبالطبع لن تتم عملية إزالة بعض المساكن التى تعترض التخطيط الجديد إلا بعد الإنتهاء من مساكن تعويضية لأصحابها فى الكردون الجديد .

٢ — المعونة الذاتية :

تدرس اللجنة وسائل مختلفة عن مدى استعداد الأهالى للقيام بمهمة البناء بأنفسهم . وترى أن من أهم الخطوات إدخال مهارات فنية فى القرية عن طريق تدريب بعض أبنائها . ويكون التدريب ميدانياً ، أى أثناء بناء الإنشاءات الجديدة وخاصة المبانى التعويضية التى يهم أصحابها إتمام بناءها على الوجه السرعة .

وقد بدأت اللجنة بتنظيم بعثات بعضها لتعلم كيفية صب وتركيب الأسقف الجاهزة فى مكان التدريب الذى أنشأته وزارة البحث العلمى لهذا الغرض فى بهتيم . وببعثات أخرى إلى كبرى القرى لتعلم مهارات مختلفة فى البناء والنجارة السباكة والحدادة حتى لا تحتاج القرية إلى استيراد خبرات من المدينة تنوء بتكاليفها .

٣ — تعداد النماذج والحلول :

حيث أن الإسكان الريفى لا يزال فى مرحلة تجريبية فإن اللجنة تؤمن بإسناد عملية الإسكان إلى مهندسين ذوى اتجاهات معمارية متفاوتة وآراء هندسية مختلفة يتولون تصميم وتنفيذ نماذج مختلفة للمساكن والمبانى الريفية فى القرى التجريبية . وسيكون فى تقييم كل نموذج من هذه النماذج فى المستقبل الجواب على أيها أصلح وأكثر ملاءمة لظروف القرية المحلية . ومن ثم يمكن تعدد الاتجاهات فى تخطيط امتداد القرى التى تحتاج إلى تهذيب .

توصيات مقدمة إلى مؤتمر الإسكان :

١ — فى تناولنا لموضوع الإسكان الريفى فى قرى الجمهورية العربية المتحدة يجب أن نعترف بأن بحوث مناهج الإسكان الريفى لم تستكمل بعد حتى الآن وأن أى محاولات يجب أن توضع فى عداد التجارب لا فى موضع التنفيذ النهائى وذلك ربما لسنوات قليلة تحتاج إلى جهد تجريبى عظيم .

٢ — توصى اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية بوزارة البحث العلمى مؤتمر الإسكان أن يعمل على تسهيل عملية تمويل وإقراض الإسكان الريفى . ذلك أنه لو انتظرت كل قرية دورها فى التخطيط المعمارى لاضطرت أن تنتظر طويلا حتى يحين دورها . ونحن نقترح التمويل بمساعدة الجمعية التعاونية الموجودة فى القرية والتى يجب أن تكون أعمالها متعددة الأغراض ومن أهمها عملية الإسكان . ذلك أنه توجد بالجمهورية العربية المتحدة الآن سبع مؤسسات ضخمة لنواحى التعاون المختلفة ولا يقبل العقل ولا المنطق أن تكون سبع جمعيات تعاونية كل منها ذات تخصص مختلف فى كل قرية . ذلك أن التخصص النوعى فى الجمعيات التعاونية لا يجب أن يكون حجر البداية فى الدول النامية على مستوى القرية ، بل يتم ذلك تباعاً وتدريجياً بعد مرور عدة سنوات على بدء عملية التنمية .

وإذا كانت القرية صغيرة الحجم وعدد سكانها محدود يقترح إسناد عملية التمويل الإسكانى إلى جمعية تعاونية متخصصة فى الإسكان تشرف على عدة قرى .

٣ — توصى اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية بوزارة البحث العلمى بأن ينزل المهندسين المعماريين إلى مستوى القرية وأن يستعينوا بالقادة المحليين للتعرف على رغبات الأهالى الخاصة بالمسكن الملائم الذى يناسب ظروف بيئتهم المحلية . فالفلاح هو أول من يعرف احتياجاته واحتياجات أهل بيته وإذا احتجنا إلى تغيير جوهرى فى طراز المسكن التقليدى للفلاح فيجب أن يتم ذلك بعد توعية شاملة وإلا هجر الفلاحون المساكن الجديدة . وأهم وسيلة لإقناع الفلاح بإدخال تغيير على مسكنه تأتى عن طريق إشراكه إشراكا فعلياً فى تفاصيل عملية البناء أو حتى الطلاء فقط .

٤ — توصى اللجنة العليا لبحوث إصلاح القرية أن يتم التطوير والتهذيب السكنى لكل قرية تدريجياً بدلا من الهدم الكامل . وذلك لسببين رئيسيين : فمن ناحية حيث أننا لا زلنا فى المرحلة التجريبية فما يتعلق ببحوث مناهج الإسكان فنحن معرضين للنجاح والفشل والتجربة حيث تكون على نطاق ضيق يمكن تداركها ، ومن ناحية أخرى أن العبء ثقيل على الدولة الاشتراكية فى مجالات الحياة كلها وبناء قرى الجمهورية العربية المتحدة التى يبلغ تعدادها أربعة آلاف يحتاج إلى ملايين الجنيهات وإلى مجهود سنوات . فلنبدأ إذن تدريجياً حتى نضمن النجاح .

وإننا نختم هذه الكلمة بأن الطريق شاق وطويل ونحن لا نهول من صعوبته ، ولكنها صعوبة تحفز العزائم ، وأن الكلمة الأخيرة فى مناهج تنمية المجتمع الريفى والنهوض بالإسكان فيه فى الجمهورية العربية المتحدة لم يصل إليها أحد بعد ولكنها هدف يستحق كل تضحية من أجله .

دور البنوك العقارية فى تمويل الإسكان

للمهندس مصطفى سنبل

لم يكن للدولة قبل ثورة يوليو سنة ١٩٥٢ مخطط مدروس لمشاكل الاسكان ، وكان الأمر كله متروكا للقطاع الخاص ، وكل ما يذكر بالنسبة لنشاط الدولة أنها أنشأت عدداً قليلا من المساكن للعمال ، ولم يكن هذا يمثل سياسة عامة للاسكان فى الدولة .

وتبعاً لذلك لم يكن للبنوك العقارية دور يذكر فى هذا الشأن إذ كانت مهمتها فى ذلك الوقت هى مجرد تقديم قروض بضمان عقار سواء أكان أرضاً زراعية أم عقارات مبنية أم أراضى معدة للبناء إذ كان دورها حينئذ قاصراً على إمداد أصحاب هذه الأراضى بقروض لإنشاء مبانى عليها أو لتكملة مبانى قائمة .

ولقد بدأت هذه المشكلة تظهر بشكل واضح وخطير أثناء الحرب العالمية الثانية وبعدها — وذلك بسبب الركود فى حركة المبانى أثناء الحرب لأن الأولوية كانت للمنشآت العسكرية والقوات المحاربة — وكان واجباً على الدولة أن تتدخل لحل مشكلة الاسكان لكن دورها اقتصر على وضع القوانين التى تقيد زيادة إيجارات المساكن إلا بنسبة ضئيلة كما حرمت الملاك من حق إخلاء الأماكن المؤجرة إلا فى حالات الضرورة التى حددت على سبيل الحصر .

ومع ذلك ظلت المشكلة قائمة من ناحية عدم تناسب عدد المساكن مع الزيادة المطردة فى عدد السكان ، مع عدم الإهتمام بمشكلة الاسكان فى الريف وفى الأحياء الفقيرة والصناعية المزدحمة بالسكان .

وبعد انتهاء الحرب العالمية الثانية حفز ارتفاع إيجارات المساكن الجديدة رؤوس الأموال الخاصة للاتجاه إلى هذا الوجه من الاستثمار ، فأقيم الكثير من المبانى المعدة للسكن بأموال الأفراد والشركات العقارية وكان للبنوك العقارية دور كبير فى تمويل هذا النوع من الاستثمار بدون ارتباط بسياسة عامة فى هذا الشأن .

ولذلك ظلت مشكلة الإسكان قائمة بل أخذت تتفاقم بسبب تزايد المراكز الصناعية وهجرة الأفراد إليها من الريف وتكدس العمال حولها فى مساكن قديمة غير صحية كما أن بيوت الفلاحين فى القرى لم تلق أية رعاية أو محاولة لتحسينها .

ولما كانت مشكلة الاسكان لها أثرها السيىء والمباشر على الإنتاج ، فإن الدولة عقب ثورة يوليو سنة ١٩٥٢ تدخلت بطريقة جدية لحل مشكلة الإسكان باعتبارها مسئولة عن كفالة الخدمات العامة للشعب وما يترتب على ذلك من زيادة الإنتاج .

ولقد أخذت الدولة اعتباراً من سنة ١٩٥٣ فى وضع مخطط مدروس لحل هذه المشكلة وكان للبنوك العقارية شأن كبير فيه ، من ذلك أنها عمدت إلى تشجيع الجمعيات التعاونية لإنشاء المساكن عن طريق تيسير حصولها على قروض تعاونية بفائدة مخفضة وبسيطة وبشروط ميسرة ، وعهدت إلى بنك الإئتمان العقارى القيام بهذه العملية ، ورصدت مبالغ ضخمة للقيام بها .

وتنظيما لمجهود الدولة فى الاسكان وحل مشكلته جذرياً قامت بوضع خطة خمسية حددت فيها عدد الوحدات السكنية المطلوب بناؤها كل عام ، مع توزيع هذه الوحدات على المدن والريف وكذلك توزيعها على المساكن الاقتصادية والمتوسطة وفوق المتوسطة — وكذلك حددت مقدار اشتراك كل من القطاع العام والقطاع الخاص فى هذا الشأن .

ولقد اتجه الرأى إلى إنشاء بنك عقارى متخصص للاسكان واقترح تحويل بنك الإئتمان العقارى إلى بنك

للاسكان وذلك على أساس تخصص هذا البنك فى هذه العملية وتخصص أجهزته الفنية وتوفيراً للنفقات .

وبالرجوع إلى الخطة الخمسية الخاصة بالإسكان يتضح أن الدولة قد خصصت للاسكان الحضرى مبلغ ١٤٦ مليون جنيه بما فيه من الأراضى .

يخص الاسكان الاقتصادى ويتولى غالبيته القطاع العام حوالى ٥٠ مليون جنيه .

ويخص الاسكان المتوسط ويشترك فيه القطاعان العام والخاص ٥٣ مليون جنيه .

ويخص الاسكان فوق المتوسط ويتولاه القطاع الخاص حوالى ٤٣ مليون جنيه .

وتمويل القطاع الخاص كان هو المجال الطبيعى لمساهمة البنوك العقارية ، إذ هى الجهة الوحيدة التى تستطيع أن تقوم بالإئتمان طويل الأجل بشروط ميسرة مع تحمل نتائج مخاطره .

ولقد اشتد الطلب على قروض البنوك العقارية فبلغ جملة ما منحته هذه البنوك من قروض فى خلال الخمس سنوات الأخيرة مبلغ ١١٣٨٤١٩٣ جنيه .

والبنوك العقارية تعتمد فى تمويلها على :

١ — أموالها الخاصة .

٢ — القروض التى تأخذها من البنك المركزى بضمان الحكومة وبفائدة تتراوح بين ٢و٣٪ .

٣ — ما تطرحه من السندات فى السوق .

ولقد زادت القروض التعاونية من بنك الائتمان العقارى أثر ما كفل للجمعيات التعاونية لبناء المساكن من قروض تراوحت نسبتها بين ٦٠و٧٠٪ من التكلفة وبفائدة ٣٪ بسيطة .

وبالنسبة للقروض غير التعاونية فإنها تعثرت بعض الشىء خصوصاً بعد أن تدخلت الدولة أخيراً برفع سعر الفائدة الدائنة والمدينة لتحديد التدفقات المالية فى السوق ولتنظيم حجم التمويل فى القطاع الخاص — مع أن الاسكان يعتبر فى واقع الأمر من الخدمات العامة بدليل ما أخذته الدولة على عاتقها من المساهمة فيه مساهمة تكاد تكون كاملة فى الإسكان الاقتصادى وبالمشاركة فيه فى الإسكان المتوسط مع القطاع الخاص وهذا الأخير لا مندوحة للغالبية العظمى فيه من الالتجاء إلى البنوك العقارية ، وهذه يجب بدورها أن تيسر لها وسائل التمويل وشروطه باعفائها من القيود التى فرضتها الظروف الاقتصادية على العمليات المصرفية العادية . إذ أن كل تيسير فى هذا الصدد ينعكس بدوره على المقترضين وبالتالى يزيد من الإقبال على الاقتراض لإقامة المبانى ومواجهة مشكلة الإسكان .

هذا وأن حجم مساهمة البنوك العقارية فى قطاع الإسكان لا يتوقف على ما تقدم فحسب بل إن منافسة هيئات غير متخصصة فى هذا المجال كشركات التأمين أو هيئات التوفير والمعاشات لاستثمار فائض أموالها — يحد هو الآخر من قدر تلك المساهمة مع أن الأولى أن تنفرد البنوك العقارية بالإقراض طويل الأجل وأن تكون هى الوعاء الذى يتجمع فيه الفائض من أموال الجهات الأخرى فيتحقق بذلك استثمار مأمون لتلك الجهات بأقل النفقات مع كفالة خبرة ودراية فى استثمار تلك الأموال من أجهزة متخصصة زاولت الإقراض طويل الأجل سنين طويلة .

وفى انفراد أحد هذه البنوك بجميع عمليات الإسكان ما يحقق المزيد من فوائد التخصص التى تعين على حل مشكلاتها . ولهذا أشار المجلس الأعلى للاسكان بقيام بنك للاسكان وأوصى بأن يعهد بمهامه لبنك الائتمان العقارى على اعتبار أنه بنك الدولة الذى ينفذ بنجاح وكفاية سياستها العقارية منذ سنة ١٩٣٣ حتى الآن وأنه يضطلع ، من بين البنوك العقارية ، بالنصيب الأوفى من النشاط فى مختلف قطاعات الاسكان ومن المصلحة كفالة استمراره فى تأدية تلك الخدمات وانفراده بها عن طريق تيسير موارد التمويل له على أن يدخل فيها الاعتمادات التى تخصصها الدولة فى الميزانية العامة للمؤسسات على ذمة المشروعات الاسكانية وأن تؤدى إليه القروض بفائدة بسيطة لا تجاوز ٢٪ ليعيد إقراضها بفائدة لا تجاوز ٣٪ بسيطة وبهذا يستطيع البنك تأدية الخدمة العامة الملحوظة فى نشاطه الإسكانى دون ما نظر إلى تحقيق ربح ما دام يؤدى رسالته فى قطاع الخدمات بما يحقق المواطن المسكن الملائم ويوفر له الراحة والاستقرار فى حياته .

الإصلاح العمراني للقرية

وزارة الإسكان والمرافق

من المعروف أن الحياة فى القرية المصرية اتخذت كياناً ثابت بالرغم من تعاقب الأجيال ، فالمجتمع الريفى ظل زمناً طويلا محدود الإمكانيات مما أدى إلى اتصـــافه بالقدم والاستمرار والبطء فى التطور .

فمن الناحية الاقتصادية نجد أن اعتماد المجتمع الريفى على الزراعة جعله يتصف بالبطء والاعتماد على الظروف الطبيعية كمصادر المياه والتغييرات الجوية على مدار السنة كما يعتمد على مواسم الحصاد وبيع المحصول فى الحصول على احتياجاته ومن جهة أخرى نجد أن الأسرة الريفية تعطى عناية كاملة للجاموسة وغيرها من الحيوانات التى تعمل فى الحقل أو الركوب وتعتبر هذه الحيوانات جزءاً هاماً من ثروة الفلاح الذى يخصص لها مكاناً لا يوائها بمسكنه (الحظيرة) وفى هذه الحظيرة تتم عملية استخراج السماد البلدى .

ومن الناحية الاجتماعية نجد الترابط والاندماج فى الأسرة الريفية وكذا نظام الأسر الممتدة الذى يؤدى دوره فيما يتعلق فى معاونة أفراد الأسرة بعضهم بعضا فى المناسبات المختلفة أو فى حالة الشيخوخة كما وأن الزواج المبـكر فى الريف يخلق نوعا من الأسر الصغيرة التى تسكن فى قسم من من أقسام البيت الريفى وكان من العوامل التى أدت إلى الإكثار من النسل وزيادة نسبة المواليد بصفة عامة فى الريف هو الرغبة فى الاستغناء عن اليد العاملة المأجورة والاستعاضة عنها بمساهمة الأولاد فى الأعمال الحقليـــة والمنزلية .

كما وأن الفلاح عادة شديد الحساسية قليل الاطمئنان والثقة بنفسه وبمن حوله .

لذلك كان من الضرورى عند اتخاذ أى خطوات إيجابية للاصلاح العمرانى فى الريف .

تحديد وسائل هذا الإصلاح على أساس :

* ملاءمتها لطبيعة البيئة الريفيـة والفلاح والتطور الطبيعى للمجتمع الريفى .
* ملاءمتها للتطور الاقتصادى والاجتماعى فى الريف .
* مرونة الخطة بحيث يمكن تطويرها
* أن يكون التخطيط شاملا لجميع عناصر الإصلاح بحيث يحدد الأهداف الحالية والمستقبلة مع تنسيق الخدمات المختلفة ووضع البرامج الزمنية للتنفيذ مع تحديد أولويات وأسبقيات لتنفيذ المشروعات الهامة .

كما يجب أن يكون متكاملا من حيث تحديد المساحات اللازمة لمبانى الخدمات والساحات وإمكان الترويح والمساكن وارتباطها ببعضها البعض والصلة بين المسكن ومكان العمل سواء فى المزرعة أو فى المصنع القريب .

هذا بالإضافة إلى ضرورة مراعاة تكامل الخدمات بعضها مع البعض الآخر فى القرى الـكبيرة أو المدن المجاورة .

ويلزم أن تكون خطة الاصلاح من المرونة بحيث يمكن إدخال تعديلات عليها بما يتمشى مع مصلحة الجماعة ومناسبة الظروف التى دعت للتعديل .

ومن المسلم به أن مساهمة الأهالى فى تنفيذ المشروع تعتبر من الأسباب الأساسية لنجاحه . كما أنه من المفيد أيضاً

الإعلان عن مشروع التخطيط والنماذج المختلفة للمساكن بين الأهالى فى اجتماعات منتظمة يقوم بها الإخصائى الاجتماعى للتعرف على آراء الأهالى فى المشروع حتى يشعر بأهمية الدور الإيجابى الذى سيقومون به لنجاح المشروع .

المعايير التخطيطية وضرورة وضع قواعد لتخطيطها :

أولا — مبانى الخدمات والمرافق العامة :

تختلف المعايير التخطيطية وتتفاوت فى الدول المختلفة تفاوتاً كبيراً لأنها توضع لتتمشى مع ظروف كل منهـا واحتياجات سكانها وبما يتمشى مع التقدم الاقتصادى والاجتماعى لهذه الدول .

وبالنسبة لأن طبيعة الريف المصرى يختلف اختلافاً واضحاً عن مثيلاتها بالدول الأخرى من حيث اختلاف البيئة والظروف الاجتماعية والاقتصادية وتوافر الخدمات والمرافق واختلاف طرق الزراعة والمواصلات .

لذلك كان من الضرورى إجراء بحث شامل لوضع المعايير التخطيطية للقرى المصرية .

وتمهيداً لذلك فإنه يتعين تقسيم القرى إلى مستويات من حيث العدد والنوع ثم دراسة نوع الخدمات والمرافق الواجب توافرها لكل من هذه المستويات .

ومن الدراسات الإحصائية لسكان الريف يتبين وجود اختلاف واضح بين التجمعات السكنية الريفية فهى تتراوح

عدد السكان	عدد القرى	النسبة المئوية
أقل من ١٠٠٠ نسمة	٣٦٥	٩٫١٠ ٪
من ١٠٠٠ — ٢٠٠٠ نسمة	٧٨٣	١٩٫٥٢ ٪
« ٢٠٠٠ — ٥٠٠٠ «	١٧٦٨	٤٤٫٠٧ ٪
« ٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠ «	٩٠٦	٢٢٫٥٨ ٪
أكثر من ١٠٠٠٠ «	١٨٩	٤٫٧٣ ٪
الجملة	٤٠١١	١٠٠ ٪

بين تجمعات سكنية لأقل من ٥٠٠ نسمة إلى قرى كبيرة تضم أكثر من ٢٠٠٠٠ نسمة .

وبعمل دراسات تحليليـة للتجمعات الريفية طبقاً للمستويات العددية أمكن تقسيم القرى إلى خمسة مستويات كالآتى :

ويتبع هذه القرى ويدخل فى تعدادها تجمعات سكنية صغيرة تعرف بالعزب والكفور والنجوع ويبلغ عددها حوالى ٣٨٣٨١ متابعاً بمتوسط ٧ توابع لكل قرية ويمكن اعتبارها بالإضافة الى القرى الصغيرة التى يقل عدد سكانها عن ١٠٠٠ نسمة من القرى التابعة التى تعتمد فى خدماتها على القرى المتوسطة أو الكبيرة المجاورة خصوصا وأن غالبية هذه التجمعات تقع على مسافات متقاربة من ١ إلى ٢ كيلو متر تقريباً .

أما القرى التى يزيد عدد سكانها عن ١٠٠٠٠ نسمة والتى تمثل حوالى ٥٪ فقط فلها وضعها الخاص ويمكن اعتبارها قرى متحضرة وأقرب فى احتياجات سكانها المعيشية إلى المدن منها للقرية .

ولما كانت غالبية التجمعات السكنية الريفية تنحصر بين ٢٠٠٠ — ٥٠٠٠ نسمة إذ أنها تمثل حوالى ٤٤٪ من مجموع القرى لذلك فإنه من المستحسن من الناحية الاقتصادية تحديد هذا المستوى كأساس للبحث وبصفة خاصة بالنسبة للمدارس إذ أن تلاميذ هذه المدارس من سن ٦ — ١٢ سنة يكونون من ١٦٪ إلى ١٨٪ والخدمات الضرورية الواجب توافرها لهذا المستوى وغيره من المستويات العددية الأخرى يمكن تلخيصها فيما يلى :

١ — خدمات المرافق العامة وتحسين البيئة وتشمل توفير مياه الشرب ودورات المياه والمغاسل والحمامات العامة وردم البرك والتخلص من القمامة والعمل على تعميم الحظائر المجمعة ومخازن السماد العضوى والجبانات وأماكن الذبيح والوحدات البيطرية .

٢ — خدمات صحية وتشمل مكاتب الصحة والمجموعات الصحية ونقط الإسعاف ومراكز رعاية الطفل .

٣ — خدمات اجتماعية — وتشمل دور العبادة والنوادى والساحات الشعبية .

٤ — خدمات تعليمية وثقافية — وتشمل المدرسة الابتدائية والمدرسة الإعدادية والمعارض والمكتبات .

٥ — خدمات الأمن والمبانى العامة — وتشمل نقطة الشرطة ونقط المطافى ودار المجلس القروى .

٦ — خدمات اقتصاديـــة وتشمل السوق المحلى والجمعيـات التعاونية الزراعية والاستهلاكية والشئون ومخازن المحاصيل .

الخدمات الواجب توافرها فى جميع المستويات :

يجب توفير الخدمات والمرافق العامة وتحسين البيئة للتجمعات السكنية جميعها بصرف النظر عن تعدادها وكذا الخدمات التعليمية للمرحلة الابتدائية عن أن تنشأ لكل مجموعة من السكان فى مكان متوسط للتجمعات الصغيرة وعلى مسافات معقولة بحيث لا يرهق التلاميذ فى رحلة الذهاب إلى المدرسة والعودة منها .

وكذلك الحالة بالنسبة للجبانات وأماكن الذبيح .

القرى من ٢٠٠٠ — ٥٠٠٠ نسمة :

ابتداء من قرى المستوى ٢٠٠٠ — ٥٠٠٠ نسمة يضاف لخدمات المرافق العامة وتحسين البيئة الخدمات الآتيـة :

الخدمات الصحية المبسطة وهى مكتب الصحة الشامل والعيادة الخارجية ومركز الإسعاف .

الخدمات التعليمية وهى المدرسة الابتدائية التى يمكن أن تضم الخدمات الاجتماعية والتى تشمل نادى ريفى بسيط ومكتبة ومعرض للصناعات الريفية .

خدمات الأمن — نقطة إطفاء .

خدمات اقتصادية والأسواق المحلية والجمعية التعاونية الزراعية .

القرى من ٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠ نسمة :

بالنسبة لقرى المستوى من ٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠ نسمة فإن حجم الخدمات يتسع عما هو مذكور بقرى المستوى السابق بما يتناسب مع الزيادة فى عدد السكان كما يضاف إليها الخدمات الآتية :

خدمات المرافق العامة وتحسين البيئة — الوحدة البيطرية .

خدمات صحية — مجموعة صحية .

خدمات تعليمية — مدرسة إعدادية ومكتبة ومعرض .

خدمات اجتماعية — نادى ريفى وساحة شعبية .

خدمات الأمن والمبانى العامة وتشمل نقطة شرطة ودار المجلس القروى .

خدمات اقتصادية — جمعية استهلاكية وشونة وسوق عمومى .

القرى أكثر من ١٠٠٠٠ نسمة :

وتعتبر التجمعات السكنية لأكثر من ١٠٠٠٠ نسمة من القرى المتحضرة ويجب أن يكون لها وضعها الخاص بالنسبة لمنشآت الخدمات والمرافق . وتكون مشروعات المجارى العامة من المرافق الواجب توافرها ابتداء من هذا المستوى . وتكون المنشآت اللازم توافرها لهذا النوع من القرى هى نفس المنشآت السابق بيانها للقرى من ٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠ نسمة مع التوسيع فيها بما يتلاءم مع زيادة السكان وما يتبعه من زيادة فى حجم الخدمات المتاحة .

فإذا ما تحددت أنواع الخدمات والمرافق الواجب توافرها بالقرى المختلفة أمكن تحديد المساحات اللازمة لها عند عمل مشروع التخطيط .

ثانياً — المساكن :

تعتبر مساحة المسكن الريفى إحدى العوامل الهامة فى تحديد مساحة الامتداد العمرانى وقد تبين من الدراسات التى

عملت لبعض القرى أن مسطح المسكن الريفى الحالى يختلف اختلافا كبيراً تبعاً لعدد أفراد الأسر وتكوينها وظروفها الإقتصادية والاجتماعية . إذ تتراوح مساحة المسكن من ٥٠ — ١٥٠ متراً مربعاً وقد تصل فى بعض الأحيان إلى ما يقرب من ١٠٠٠ متر مربع والنسبة الغالبة هى للمساكن التى بمسطح تتراوح مساحتها ٥٠ — ١٠٠ متر مربع .

ورغبة فى عدم إقتطاع أجزاء كبيرة من الأراضى الزراعية المحيطة بالقرية فقد رؤى العمل على تحديد مسطحات مناسبة للوحدات السكنية طبقاً لحجم العائلات واحتياجاتها .

وقد تبين أن توزيع الأسر حسب عدد أفرادها وفقاً لتعداد سنة ١٩٦٠ كالآتى :

عدد أفراد الأسرة	النسبة المئوية
١ — ٣	٣٣٪
٤ — ٦	٤٤٪
٧ فأكثر	٢٣٪

ونظراً لاعتبارات مختلفة منها إنتشار الوعى والاتجاه العام فى تحديد النسل فإنه يمكن تحديد نسب المساكن اللازمة فى منطقة الإمتداد العمرانى الجديدة بالقرية كالآتى :

نوع المسكن	النسبة المئوية
مسكن صغير ٧ × ١٢ متر	٣٠٪
مسكن متوسط ٧ × ١٨ متر	٥٠٪
مسكن كبير ١٠ × ١٥ متر	٢٠٪

وقد روعى عند دراسة هذه النماذج وتحديد مسطحاتها إمكان التوسع الأفقى داخلياً والرأسى لمواجهة زيادة حجم العائلة سواء بزيادة عدد الأبناء أو لمواجهة نظام العائلات الممتدة فى الريف وبقاء الأبناء فى منزل الأسرة بعد زواجهم .

ثالثاً — الشوارع والمساحات الداخلية :

عند دراسة مشروعات تخطيط القرى روعى أن تكون عروض الشوارع والمساحات فى مناطق الامتداد العمرانى فى أضيق الحدود كالآتى :

١ — الطرقات الداخلية للمناطق السكنية بعرض ستة أمتار .

٢ — الطرقات الداخلية بين المناطق السكنية بعرض ٨ أمتار .

٣ — الطرقات الرئيسية ومداخل القرية والمنطقة التجارية بعرض ١٠ — ١٢ متر .

وقد تحددت هذه العروض على أساس السماح بوجود أبعاد مناسبة بين المساكن لحسن تهويتها وإضاءتها وإمكان نفاذ أشعة الشمس إلى الطرقات والمساكن كما وأن هذه العروض تسمح بمرور العربات الخاصة بالمطافىء والإسعاف وهى تعتبر عروضاً مناسبة لطبيعة البيئة الريفية .

وقد يكون من المناسب تقدير نسبة للشوارع والمناطق المفتوحة بمنطقة الامتداد بما يتراوح من ٢٥٪ إلى ٣٠٪

وعلى الأساس السابق ذكره أعدت نماذج للاسكان الريفى كما يلى :

نوع المسكن	حجم العائلة	المساحة الكلية	مساحة المبانى
مسكن صغير	١ — ٣ شخص	٨٤ م٢	٣٥م٢ لغرفة واحدة والمنافع
مسكن متوسط	٤ — ٦ شخص	١٢٦م٢	٤٨م٢ لغرفتين والمنافع
مسكن كبير	٧ فأكثر شخص	١٥٠م٢	٦٠م٢ لثلاث غرف والمنافع

من المساحة الكلية لمنطقة الامتداد العمرانى (النسبة الحالية للشوارع والطرقات تتراوح بين ١٠ ٪ — ١٥٪ من المساحة الكلية للقرية الحالية) .

رابعاً — كثافة السكان :

دلت الدراسات التى عملت فى قرى البياضية بمحافظة قنا على أن متوسط عدد العائلات فى المسكن الواحد يتراوح بين ٢١ — ٤٣ عائلة وأن متوسط عدد العائلات فى المسكن الواحد يتراوح بين ١ — ١٫٥ عائلة وفى إحدى قرى الوجه القبلى وجد أن عدد سكانها بدون التوابع ٣٧٠٠ نسمة وأن عدد العائلات ٨٥٠ عائلة بمعدل ٣١٫٤ عائلة للفدان بالنسبة للكتلة السكنية الحالية وقدرها ٢٧ فداناً .

ولدراسة الكثافةالسكانية المناسبة لهذه القرية كنموذج لقريه متوسطة فإن الأمر يقتضى تحديد حجم منطقة الامتداد العمرانى اللازم لاستيعاب الزيادة المحتملة للسكان فى مدى ٢٠ عاما حسب معدلات مصلحة الإحصاء للزيادة المنتظرة والتى تقدر بحوالى ٢٫٢٪ سنوياً . وعلى ذلك فإن عدد الأسر فى هذه القرية سيزيد ٣٧٠ أسرة ليصبح مجموع عدد الأسر ١٢٢٠ أسرة بعد ٢٠ سنة .

فإذا أخذنا فى الاعتبار المعدل الحالى للأسر فى المسكن وهو ١٫٥ أسرة فى المسكن لكان عدد المساكن المطلوبة لمواجهه الزيادة للسكان بمنطقة الامتداد هو ٢٤٠ مسكناً .

وبتوزيع المساكن على أساس نسبة تواجد العائلات وأصحابها فى الريف وفقاً لما سبق ذكره تصبح المساكن اللازمة ومساحتها كالآتى :

٧٠ مسكناً صغيراً بمساحة	٦٠٠٠ م٢
١٢٠ مسكناً متوسطاً بمساحة	١٥٠٠٠ م٢
٥٠ مسكناً كبيراً بمساحة	٨٠٠٠ م٢

المساحة اللازمة لاستكمال الخدمات الموجودة بالقرية الحالية ومنطقة الامتداد المذكورة (مدرسة — مسجد — محلات تجارية والساحات الشعبية الخ)	٢٢٠٠٠ م٢
الطرقات والميادين بنسبة ٢٥٪	٩٠٠٠ م٢
المجموع	٦٠٠٠٠ م٢

أى أن مساحة منطقة الامتداد العمرانى للقرية المذكورة تبلغ حوالى ١٥ فداناً لاستكمال مبانى الخدمات فى القرية الحالية والامتداد العمرانى للقرية لمدة ٢٠ عاماً .

ولما كانت مساحة المساكن فى منطقة الامتداد وما يخصها من منطقة الخدمات هى بنسبة ٨٠٪ أى حوالى ١٢ فداناً يكون معدل عدد المساكن فى الفدان هو ٢٠ مسكناً ويكون عدد الأسر هو ٣٠ أسرة بمعدل ١٥٠ شخص فى الفدان وفى حالة ازدياد الوعى وانتشار التصنيع وارتفاع المستوى الاقتصادى والثقافى عند الأهالى وتقبل فكرة المسكن المتعدد الطوابق (ثلاثة طوابق) تصبح الكثافة ٦٠ أسرة فى الفدان أى ٣٠٠ شخص وعندئذ يمكن تخفيض مساحة منطقة الامتداد إلى ما يقرب من ثلثى المساحة السابق ذكرها أى ١٠ أفدنة .

تخطيط وإعادة تعمير القرية — التخطيط الإقليمى وعلاقته بتخطيط القرية :

من المعروف أن القرية تمثل مجتمعاً صغيراً يستقل عن غيره فى بعض العناصر ولكنه يعتمد على القرى الكبيرة أو المدن المجاورة فى عناصر أخرى . فقد نجد فى القرية المتوسطة مثلا المدرسة الابتدائية التى يتلقى فيها التلاميذ المرحلة الأولى من التعليم ولكننا لا نجد فيها المدرسة الإعدادية أو الثانوية . كما نجد فى هذه القرية من الأسواق المحلية ما يفى باحتياجات السكان اليومية الأساسية ولكننا لا نجد السوق الأسبوعى إلا فى القرى الكبيرة أو المدن وهكذا الحالة بالنسبة للخدمات الصحية والاجتماعية وغيرها .

لذلك كان من الضرورى عند دراسة مشروع التخطيط العام لأى قرية أن تتعدى الدراسات نطاق القرية نفسها إلى دراسة الإقليم الذى تقع فيه .

فالتخطيط الإقليمى يرسم الصلة بين التخطيط القومى والتخطيط المحلى على مستوى المدينة أو القرية إذ أنه يحدد النظام الذى يربط التجمعات السكنية المختلفة فى الإقليم ويعطى كل منها طابعه الخاص .

ويمكن تقسيم الجمهورية العربية المتحدة من حيث اختلاف المظاهر الطبيعية والبيئية والجوية والاجتماعية والاقتصادية إلى خمسة أقاليم جغرافية هى :

الدلتا — الصعيد — سيناء — الصحراء الشرقية — الصحراء الغربية .

ويعتبر المركز الإدارى هو المستوى الأول للتخطيط الإقليمى الذى يلزم دراسته عند تخطيط القرى التابعة لهذا المركز وتحديد الوحدات التخطيطية الموجودة به وتشمل هذه الدراسات النواحى الآتية :

١ — الحالة الطبيعية وهى تتضمن :

الموقع العام بالنسبة للاقليم الجغرافى مع بيان حدوده والمناطق المحيطة به .

طبوغرافية المركز والظواهر الطبيعية فيه .

الحالة الجوية .

استعمال الأراضى بالمركز .

موارد مياه الرى والصرف .

شبكات مياه الشرب والكهرباء بأنحاء المركز .

المواصلات سواء بالسكة الحديد أو الطرق البريه أو الملاحة النهرية .

٢ — التقسيمات الإدارية وتشمل :

إيضاح الوحدات الإدارية والوحدات المالية .

توزيع التجمعات السكان .

توزيع مبانى الخدمات العامة والمواقع المقترحة لها .

٣ — دراسة السكان وتشمل :

دراسة توزيع السكان وكثافتهم وتحركاتهم .

دراسة التكوين العام للسكان تبعاً لفئات السن والجنس والحرف .

دراسة التوزيع المهنى للسكان .

وعلى ضوء الدراسات التحليلية المشار إليها يمكن تنسيق توزيع الخدمات العامة وشبكة الطرق الداخلية التى تخدم المركز كوحدة . وكذلك يمكن تحديد الكثافات السكانية اللازمة لخدمة المركز وتوزيعها بالقرى المختلفة سواء لأغراض الزراعة أو الصناعات الريفية أو المراكز الصناعية الكبيرة القائمة والمقرر إنشاؤها بأنحاء المركز — وعلى أساس ذلك يمكن تقسيم المركز إلى الوحدات التخطيطية توابعها على أن يؤخذ فى الاعتبار علاقة الملكيات الزراعية بالتجمعات السكنية التى يقيم بها أصحاب هذه الأراضى والعاملين بها

ويلى ذلك عملية تخطيط القرية ذاتها والرأى أن يبدأ بالقرى التى بها نشاط اقتصادى صناعى وتطور سريع ، ثم القرى الكبيرة والمتوسطة التى يوجد بها مجالس قروية ووحدات مجمعة .

والطريقة المتبعة بوزارة الإسكان والمرافق لتخطيط القرى هى كما ذكرنا فى الفصل السابق يتم بإعداد المشروعات على مرحلتين :

تخطيط وتعمير منطقة الامتداد العمرانى .

تخطيط وتهذيب الكتلة السكنية الحالية .

تخطيط وتعمير منطقة الامتداد العمرانى :

تتحدد منطقة الامتداد العمرانى على أساس الدراسات السكانية والاجتماعية والاقتصادية الشاملة . وعلى ضوء هذه الدراسات السابق ذكرها تحدد المساحة اللازم إضافتها لأرض القرية الحالية على أساس إتخاذ نسبة معقولة لكثافة السكان وعدد المساكن فى الفدان الواحد (شكل رقم ٢٨)

على أن يؤخذ فى الاعتبار المسطحات المطلوبة للمبانى العـامة ومبانى الخدمات من تعليمية واجتماعية وصحية ودور الأمن والإسعاف والمطافى وغيرها ويكون تنفيذ المنطقة على مراحل طبقاً لاحتياجات الأهالى .

ولقد تبين من الدراسات التى أجريت فى هذا المجال كما سبق ذكره ما يلى :

أن المسطح اللازم للمسكن الجديد يتراوح بين ٨٤ — ١٥٠ م٢ .

أن العروض المناسبة للشوارع تتراوح بين ٦ — ١٢ متر .

أن الكثافة السكانية هى ١٥٠ شخص فى الفدان يمثلون ٣٠ عائلة .

والأسس المتبعة فى اختيار مناطق الامتداد العمرانى هى :

أن تكون بمناطق النمو الطبيعى للقرى بحيث يكون هناك ترابط بينهما وبين الكتلة السكنية الحالية .

أن يكون الموقع بعيداً عن الجبانات وأماكن الذبيح والأسواق العامة والمنشآت المقلقة بالراحة والمضرة بالصحة العـامة .

أن يراعى بقدر الإمكان ألا يكون هناك فاصل طبيعى بين منطقة الامتداد العمرانى وبين الكتلة السكنية الحالية للقرية مثل الطرق العامة الرئيسية أو خطوط السكة الحديد أو الترع والمصارف الرئيسية .

الابتعاد عن الحدائق المثمرة أو الأراضى التى بها نخيل كثيف .

أن يكون الموقع صالحاً للتعمير من النـاحية الإنشائية بعيداً عن البرك المردومة حديثاً أو مجارى السيول وأن يكون بمنسوب الطرق المجاورة ما أمكن .

أن يكون الموقع قريباً من خطوط مواسير المياه الصالحة للشرب وخطوط الإضاءة بالكهرباء ..

ويراعى بقدر الإمكان عند عمل التقسيمات الداخلية لمنطقة الامتداد العمرانى أن تتلاءم مع التكوين الاجتماعى لمجموعات الأسر بالريف .

تخطيط وتهذيب الكتلة السكنية الحالية :

لكى يتسنى تخطيط القرية الحاليـــة وتهذيبها يلزم الاستعانة بخرائط توضح تفاصيل الكتلة السكنية بجميع الطرقات والساحات الموجودة بها .

ولما كانت الخرائط المتوفرة حالياً للقرى بمقياس ١/٢٥٠٠ غير موضح بها هذه البيانات ولا تظهر بها أى تفاصيل للكتلة السكنية الحالية . لذلك فقد اتجه الرأى إلى تجهيز خرائط للقرى بطريق التصوير الجوى للحصول على الخرائط المطلوبة للتخطيط بطريقة عملية وسريعة وبمقياس رقم ١/١٠٠٠ .

وعلى ضوء الدراسات الميزانية الشاملة وما تسفر عنه من نتائج يعمل التخطيط التوجيهى الشامل للقرية الحالية ومنطقة الامتداد العمرانى Mastor Plan ويراعى فى هذا التخطيط أن يكون مرناً وقابلا للتعديل لمواجهة زيادة السكان ورغباتهم .

وعلى هذا الأساس يتم تعمير القرية على ثلاث مراحل

١ — تخطيط وتعمير جزء من منطقة الامتداد العمرانى .

٢ — تخطيط الكتلة السكنية القديمة وفتح الطرقات والفراغات اللازمة لخلخلتهـــا ونقل السكان الذين ستزال مساكنهم إلى الجزء الذى تم تعميره بمنطقة الامتداد العمرانى .

٣ — تعمير الأجزاء الباقية من منطقة الامتداد العمرانى لمواجهة الزيادة فى عدد السكان وطبقاً لاحتياجاتهم .

المسكن الريفى :

المسكن الريفى قد تأثر بما تأثرت به القرية المصرية بصفة عامة من عوامل سياسية واقتصادية واجتماعية وكان لهذه

العوامل مجتمعة أكبر الأثر عليه فظهر بصورته الحالية التى سبق الإشارة إليها .

والمسكن الريفى يخدم الأسرة الريفية التى يمكن أن تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية :

١ — ملاك الأراضى :

(ا) صغار الملاك الذين يمتلكون من نصف فدان إلى خمسة أفدنة وهم الغالبية العظمى من الملاك ويمثلون ٩٣٫٩٪ (حوالى ٢٫٤٤٧٫٠٠٠ نسمة يمثلون حوالى نصف مليون أسرة) .

(ب) متوسطو الملاك : الذين يمتلكون من خمسة أفدنة إلى خمسين فداناً وهم يمثلون ٥٫٦٪ من مجموع الملاك (١٤٧٫٠٠٠ نسمة يمثلون حوالى ٣٠٫٠٠٠ أسرة) .

(ح) كبار الملاك : وهذه فئة معظمهم لا يقيمون فى القرية أو يملكون مسكناً كبيرة بها .

وقد تبين على ضوء الدراسات فى الريف أن فئة متوسطى وكبار الملاك ليست طرفاً فى مشكلة الإسكان الريفى .

٢ — فئة المستأجرين : الذين يستأجرون مساحات صغيرة من الأرض .

٣ — فئة العمال الزراعيين : وهم عمال الزراعة باليومية يمثلون الأغلبية العظمى حيث يبلغ عددهم ٧٠٪ من مجموع سكان الريف أى ما يقرب من عشرة ملايين نسمة تمثل ٢ مليون أسرة تقريباً ، وهؤلاء يشكلون الجزء الأكبر من مشكلة الإسكان فى الريف .

وبدراسة الظروف المعيشية فى كل أسرة من كل الأسر السابقة يمكن تحديد المسكن الملائم لكل منها على الوجه الآتى :

مساكن صغار الملاك والمستأجرين :

وأغلب هؤلاء يكونون أسرة كبيرة ويمتلكون ماشية وتنحصر حاجياتهم المنزلية فيما يأتى :

* غرف نوم بعدد يتناسب مع عدد أفرادها .
* مقعد — أو مندرة لاستقبال الزائرين .
* فرن — مكان للطبخ — حمام — مرحاض .
* حظيرة متسعة للمواشى .
* مخزن لاحتياجاتهم اليومية والموسمية .
* حوش بمساحة مناسبة للنشاط اليومى .

ولقد روعى فى دراسة وعمل النماذج رقم ٢٩ ، ٣٠ ، ٣١ الأسس والعوامل المشار إليها .

مساكن العمال الزراعيين :

* غرف نوم بعدد يتناسب مع عدد أفرادها .
* فرن — مكان للمطبخ — حمام — مرحاض .
* حوش بمساحة مناسبة للنشاط اليومى .

وذلك كما هو موضح فى النماذج رقم ٣٢ ، ٣٣ .

علاقة المسكن المتعدد الطوابق بالتطور المنتظر فى الريف :

لما كانت الدولة فى فجر نهضتها الصناعية فى العهد الحاضر قد بدأت تعمل على توزيع الصناعات المتصلة بالزراعة على المناطق الريفية المختلفة وذلك لضيق الرقعة الزراعية ومواجهة الزيادة المضطردة فى عدد السكان والحد من الهجرة إلى المدن سعياً وراء الرزق ، فإن ذلك سيؤدى إلى تغيير فى شكل ووظيفة المجتمع الريفى طبقاً للآتى :

* تطور اجتماعى اقتصادى لنظام الحياة فى تلك المناطق .
* تطور الأعمال المنزلية الزراعية كتربية الحيوانات والطيور وصناعة الزبد والجبن حتى تصبح جماعية تعاونية صناعية .
* اشتراك المرأة مع الرجل فى العمل فى المصانع الريفية ولو لبعض الوقت للعمل على زيادة دخل الأسرة .

ونتيجة لذلك فإنه من المنتظر أن تتطور بعض المساكن

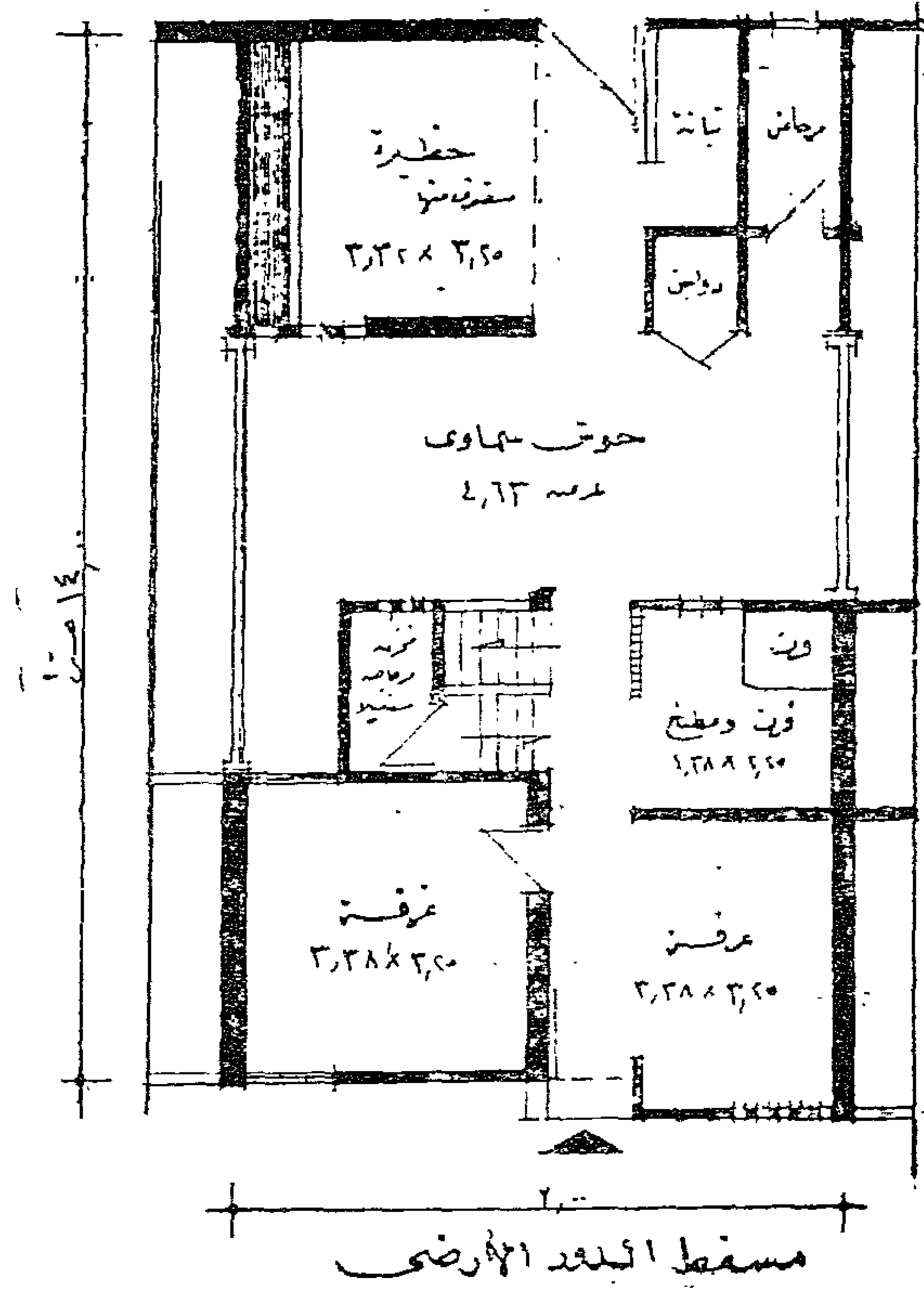
وزارة الإسكان والمرافق

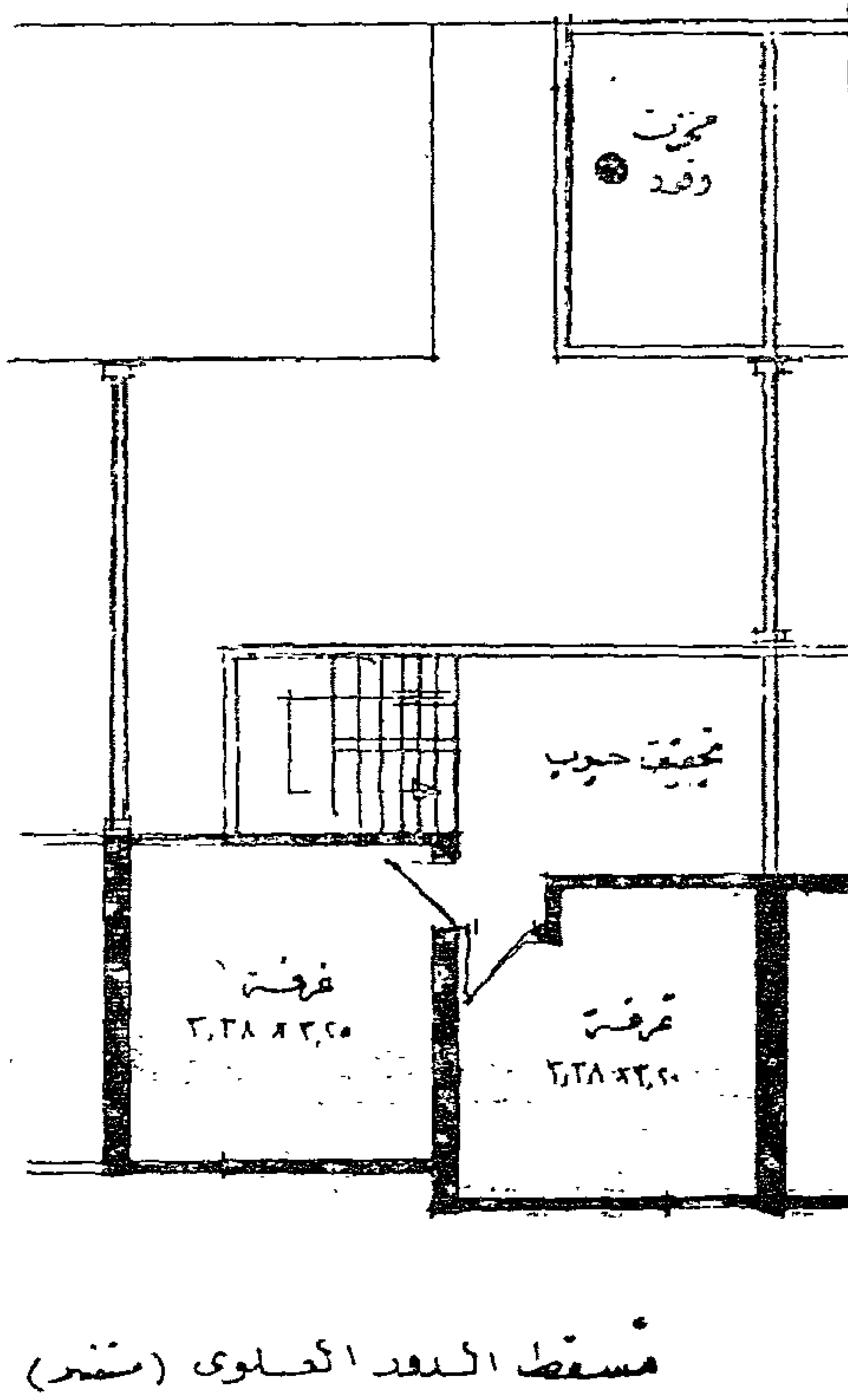
الإدارة العامة للاسكان

نماذج الإسكان الريفي

نموذج مقدم من الإدارة العامة للاسكان لوزارة الإسكان والمرافق

* تتكون المجموعات من صفوف مزدوجة
* يوجد حوش سماوى يفصل جزء الحظيرة عن الجزء السكنى
* إمكانية الإمتداد الرأسى
* إمكانية استخدام شارع خلفى لدخول الحظيرة وصرف المرحاض وفى حالة إلغاء الشارع الخلفى ينقل المرحاض ويمكن صرفه على الشارع
* مكان الخدمات يمكن منه مراقبة المدخل والحظيرة
* وجود مساحات علوية لتجفيف الحبوب أما مخزن الوقود فوق منطقة المرحاض والتبانة وهو جزء مفصول من الجزء السكنى
* الحوائط طوب أحمر والأسقف من الخرسانة المسلحة والأرضيات دكة خرسانية





* التكاليف التقديرية ٤١٠ جنيه تقريباً . للدور الأرضى . يمكن الرجوع للادارة العامة للاسكان لجميع التفاصيل « محملا عليها الصرف على الترنش بطول ١٠م لكل ٦ مساكن/والسلم على الدور العلوى » ١٢٠ جنيه تقريباً للدور العلوى

(شكل ٢٩) مساكن صغار الملاك

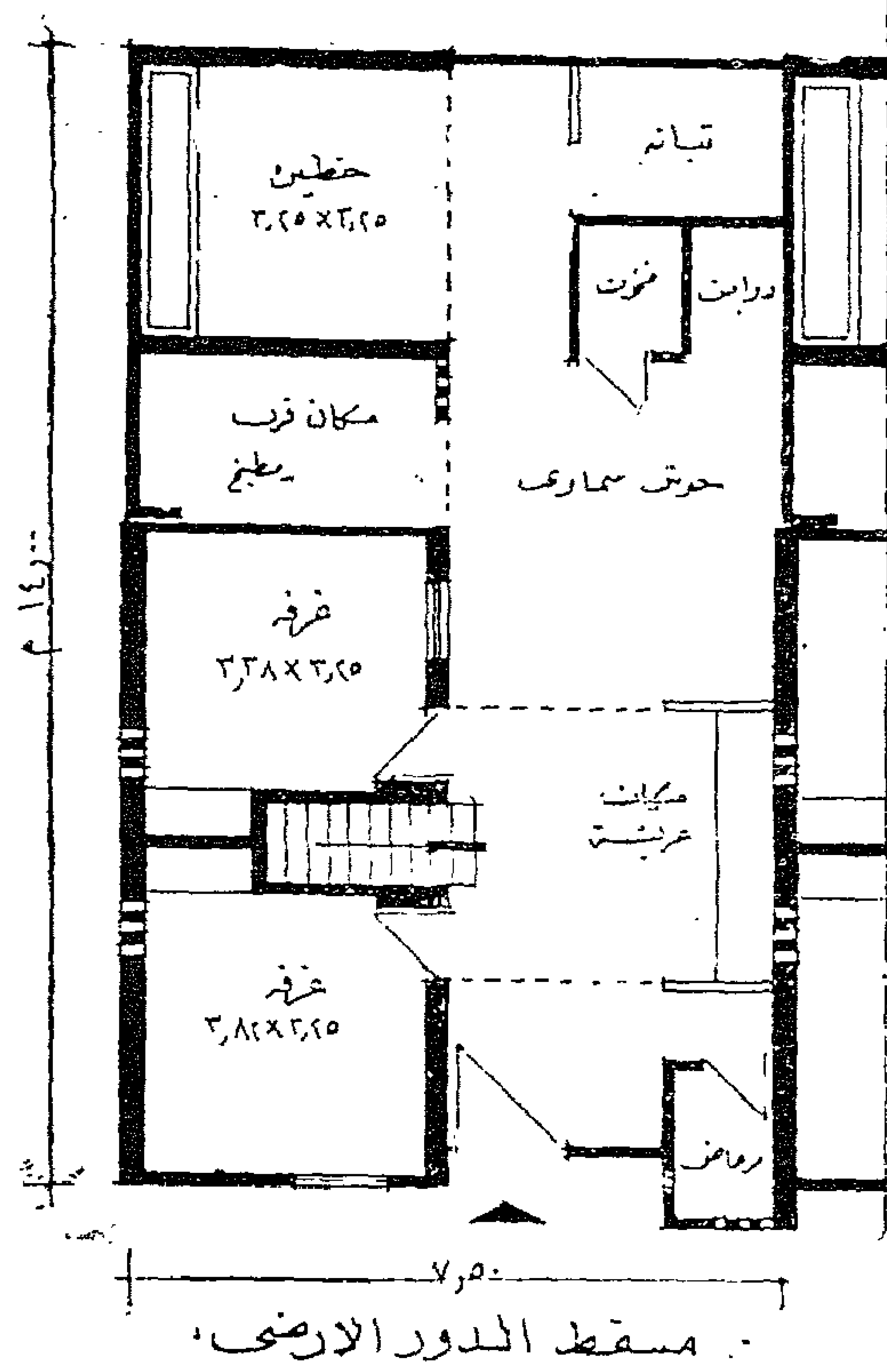
وزارة الإسكان والمرافق

الادارة العامة للاسكان

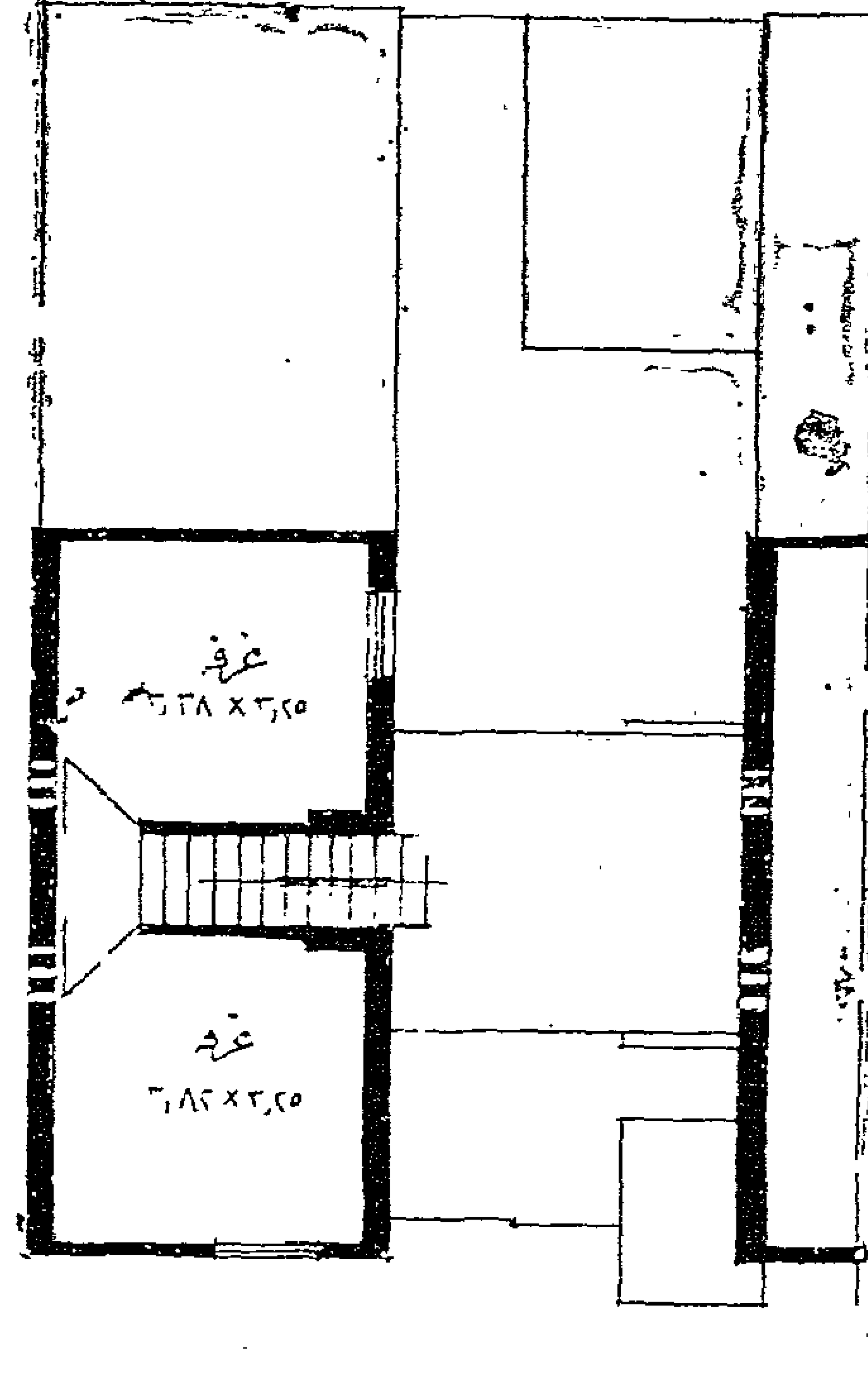
نموذج الاسكان الريفى

نموذج مقدم من الإدارة العامة للأسكان

* تتكون المجموعات من صفوف مزدوجة
* تتكون الوحدة من غرفتين فى الدور الأرضى وخطيرة ومكان للغرف والمطبخ مع إمكانية الإمتداد الرأسى لغرفتين علويتين
* روعى إمكانيـــة التهوية المستمرة بالغرف بوجود فتحات للتهوية فى كل غرفة فى الإتجاه المقابل للمدخل
* وجود الحظيرة بالمداخـل يعطى الأمان النفسى للفلاح
* مكان الفرن والمطبخ قريب من الحوش السماوى حيث يمكن خزن الوقود
* روعى إمكانية وجود تعريشة أمام الفرن للجلوس وللمعيشة اليومية
* المرحاض قريب من الشارع لإمكانية صرفه مستقبلا
* السلم المقترح إلى الدور العلوى يمكن تثبيته على الحائطين



مسقط الدور الأرضى



مسقط الدور العلوى (مستقبلا)

* الحوائط طوب أحمر والأسقف خرسانة مسلحة والأرضيات دكة خرسانية
* التكاليف التقديرية ٤٥٠ جنيه تقريباً . للدور الأرضى . يمكن الرجوع للادارة العامة للاسكان لجميع التفاصيل

« محملا عليها الصرف على الترنش بطول ١٠م لكل ٦ مساكن/والسلم على الدور العلوى » ١٣٠ جنيه تقريباً . للدور العلوى

(شكل رقم ٣٠) مساكن صغار الملاك

وزارة الإسكان والمرافق

الادارة العامة للاسكان

نماذج الاسكان الريفى

النموذج المقدم من مكتب المشروعات والتخطيط بمحافظة المنيا

* تتكون المجموعة من أربعة مساكن يحيط بها شوارع من الجهات الأربع مما يسبب ضياع مساحات من الأرض فى الشوارع الجانبية

* تلاصق الأحراش قلل من وجود الحوائط الحاملة المشتركة مما يزيد النفقات

* الحاجز بين المساكن بارتفاع ١٫٦٠ متر منخفض جداً ومما سيستتبع ذلك زيادة إرتفاعه وهذا يلزم حسابه فى الأساسات .

* لا يسمح هذا النموذج بالامتداد الرأسى أو الأفقى

* مكان الدورات فى المركز بالنسبة للمجموع يصعب مع عمل التوصيلات الصحية لافتراض التحسين المنتظر بادخال المياه إلى المساكن مستقبلا — كما أن عدم وجود فتحات بالدورات إلا الأبواب يسبب سوء التهوية

وجود شبابيك بالحظيرة على الشارع يسبب عدم الحماية الكاملة للحظيرة هذا عدا أن الحائط الخارجى لها سمك ١٠ سم $\frac{1}{2}$ طوبة

* الحوائط طوب أحمر بلدى ١٨ × ٩ × ٧ والأسقف خرسانة مسلحة والأرضية دكة خرسانية

التكاليف التقديرية طبقا لما أورده مكتب المشروعات والتخطيط بمحافظة المنيا ٣٣٠ جنيه . للدور الأرضى

(شكل رقم ٣١) مساكن المستأجرين

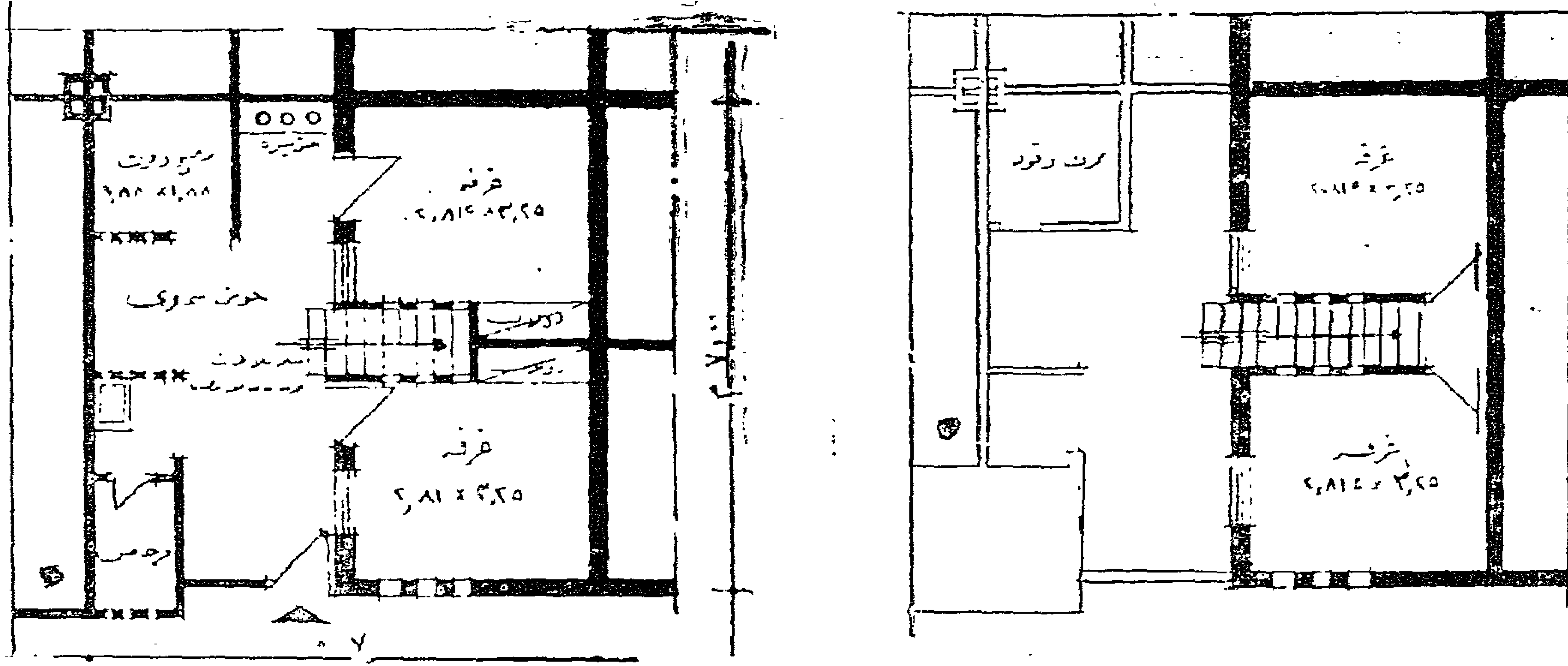
وزارة الإسكان والمرافق

الإدارة العامة للاسكان

نماذج الاسكان الريفي

نموذج مقدم من الإدارة العامة للاسكان بوزارة الاسكان والمرافق

* تتكون المجموعات من صفوف مزدوجة
* تتكون الوحدة من غرفتين بالدور الأرضي وحوش سماوي (بدون حظيرة)
* المرحاض على الشارع لسهولة صرفه
* وجود الحوائط المشتركة الحاملة يقلل النفقات
* إمكانية الامتداد الرأسي
* إستغلال الجزء العلوي فوق الفرن لخزن وقود بعيداً عن الجزء السكني مع بناء دورة عالية والمدخنة المرتفعة عن الدورة بمقدار ١٫٠٠ متر يعطي الأمان ضد الحريق
* وجود السلم بين الحجرتين أعطى إمكانه استغلال جزء للدواليب في الغرف السكنية



* الحوائط طوب أحمر والأسقف خرسانة مسلحة والأرضية دكة خرسانية
* التكاليف التقديرية ٢١٨ تقريباً للدور الأرضي . يمكن الرجوع للادارة العامة للاسكان لجميع التفصيلات «محملا عليها الصرف على الترنش بطول ١٠م لكل ٦ مساكن/والسلم على الدور العلوي» ١٠٨ جنيه تقريباً . للدور العلوي

(شكل رقم ٣٢) مساكن العمال الزراعيين

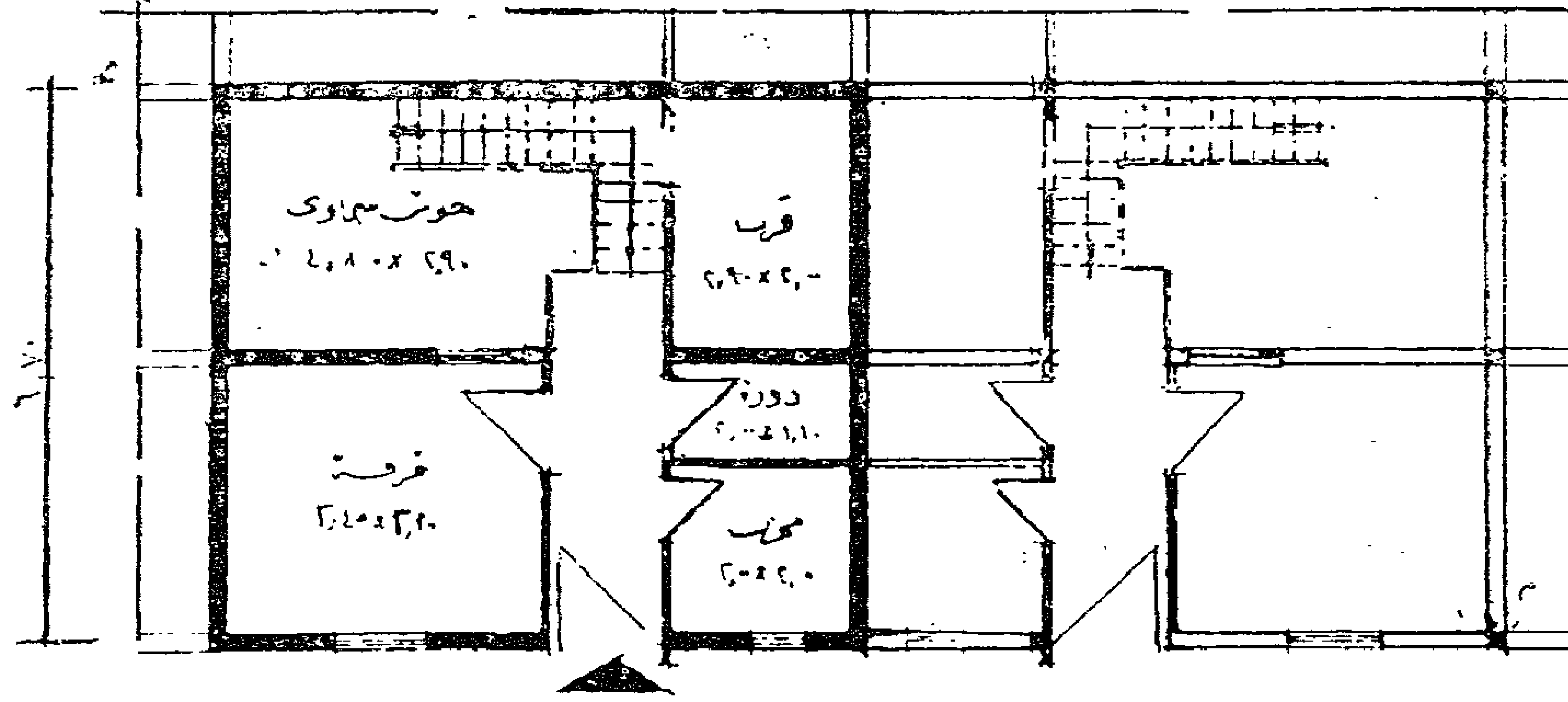
وزارة الإسكان والمرافق

الإدارة العامة للاسكان

نماذج الإسكان الريفى

نموذج مقدم من مكتب المشروعات والتخطيط بمحافظة المنيا

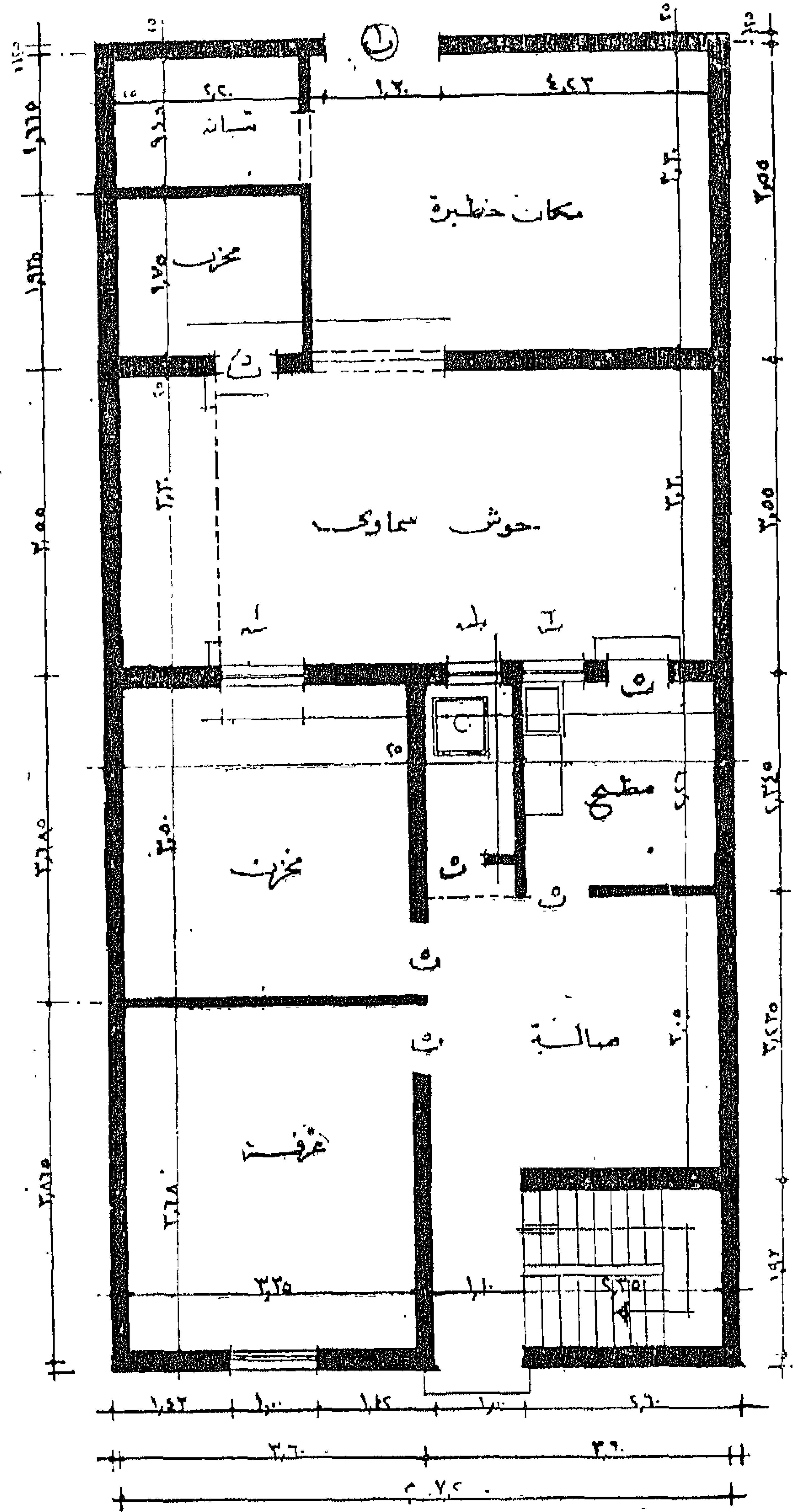
* تتكون المجموعات من صفوف مزدوجة
* تتكون الوحـدة من غرفة واحدة ومخزن ومكان للفرن وحوش سماوى ودروة
* بالحوش مكان لسلم يصل للامتداد الرأسى
* الدورة ليس لها تهوية سـوى الباب وبعيدة عن الشارع مما يصعب معه عمل التوصيلات الصحية ولافتراض إدخال الميـاه إلى المساكن مستقبلا مكان الفرن والمطبخ غـير مناسب مما لا يسمح معه مراقبة المدخل



الحوائط طوب أحمر بلدى ١٨ × ٩ × ٧ سم وأسقف مسلحة والأرضية دكة خرسانية

* التكاليف التقديرية طبقاً لما أورده مكتب المشروعات والتخطيط بمحافظة المنيا ٢٠٠ جنيه للدور الأرضى

شكل (رقم ٣٣) مساكن العمال الزراعيين



(شكل رقم ٣٤) — العمارة الريفية

الريفية الجديدة بدرجة تتناسب مع زيادة السكان المستقبلة وحجم التصنيع وستظهر العمارة الريفية ذات الطابقين أو الثلاث طوابق لإسكان العامل الريفى والموظف (شكل رقم ٣٤) بجوار مسكن الفلاح التقليدى المعروف .

أثر المرافق العامة فى تطوير القرية :

منذ فجر التاريخ ارتبط العمران بالمرافق فازدهر حيث توافرت ونشأت جميع الحضارات القديمة فى وديان الأنهار حيث توافر الماء الذى لا غنى للحياة عنه — كما استخدم تيار النهر المتدفق وطاقة الرياح لنقل الإنسان وما يحمل من سلع ومتاع إلى حيث يريد ويشاء .

لذلك كان طبيعياً أن تشمل دراسة الإصلاح العمرانى للقرية سواء عند إعادة تخطيطها أو تخطيط الامتداد العمرانى لها توفير المرافق بتوصيل مياه الشرب إليها وصرف الفائض بالطرق الصحية وإنارة منشآت القرية العامة وطرقاتها مع توصيلها بالطرق الرئيسية .

وفيما يلى عرض للمجهودات الكبيرة التى قامت بها الدولة فى مجال تزويد القرى بالمرافق العامة :

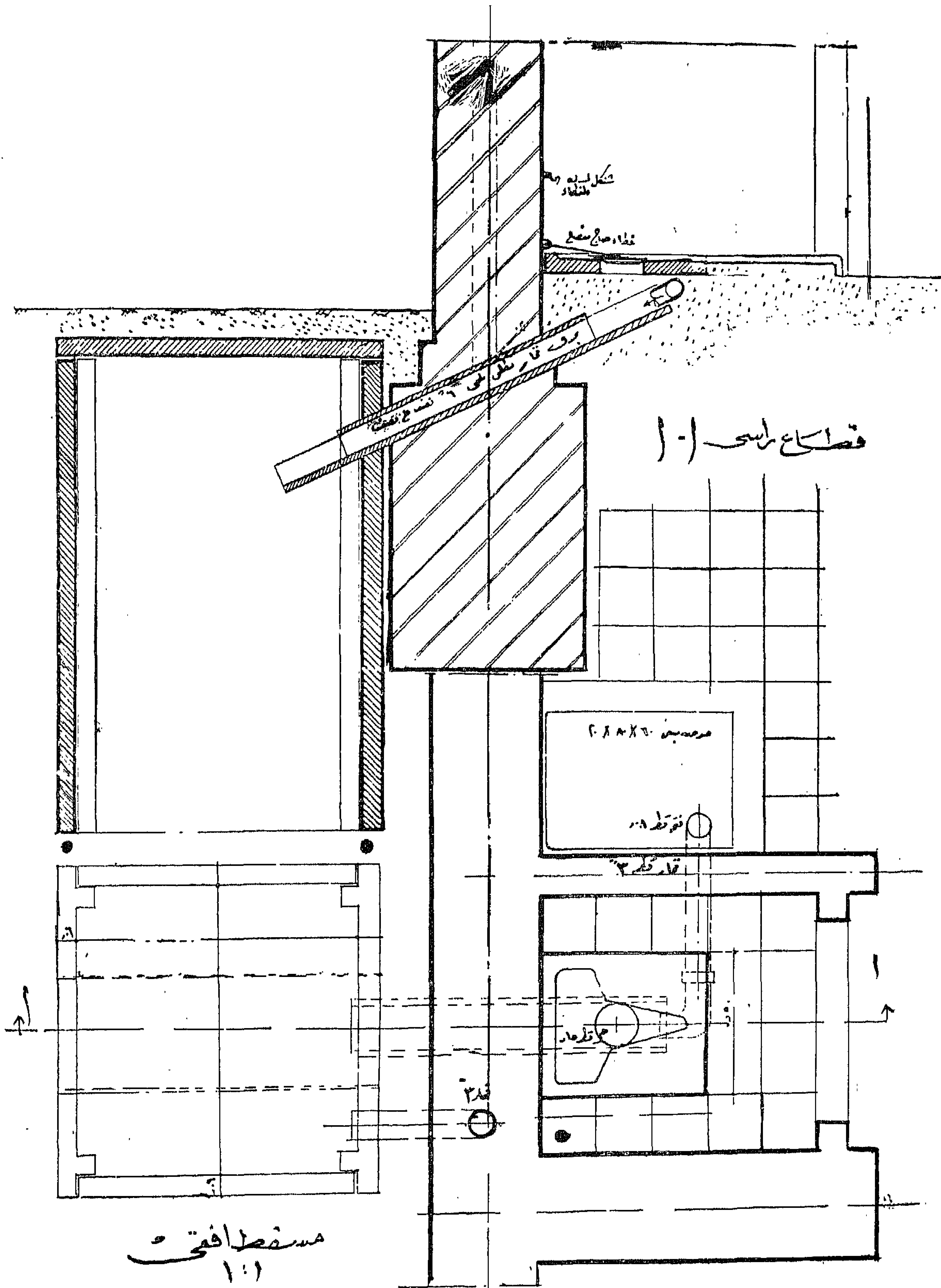
١ — مياه الشرب :

حرصت الدولة على توصيل المياه النقية إلى جميع قرى الريف وبذلك ارتفع عدد المنتفعين بالمياه النقية من ١٥٪ عام ١٩٥٢ إلى حوالى ٨٥٪ عام ١٩٦٣ .

وتتلخص السياسة المتبعة فى الاستفادة من المياه الجوفية فى المناطق التى تصلح مياهها لهذا الغرض أما باقى المنـــاطق وتشمل شمال الدلتا ومحافظة الفيوم وغرب محافظة بنى سويف وبعض المناطق الأخرى فقد تمت تغذيتها بمياه تؤخذ من النيل أو الترع دائمة الجريان ثم تعالج فى محطات ترشيح تمتد منها شبكات المياه إلى جميع قرى المنطقة .

وقد حالت ظروف القرى دون إدخال المياه إلى غالبية مساكنها ، واكتفى بإقامة مناهل عامة للشرب فى مواقع مناسبة . ولكن نظراً للاضرار الصحية التى تنتج عن نقل المياه من الموارد العامة إلى مساكن القرويين وتخزينها فقد كان من أهم توصيات حلقة دراسة المياه التى أقامتها الهيئـة الصحية العالمية فى أمالفى بإيطاليا عام ١٩٥٩ العمل جدياً على إدخال المياه إلى المساكن للقضاء نهائياً على الأمراض التى تنقلها المياه وإلى زيادة الوعى النظافى .

ولتحقيق هذا الغرض يجب أن يراعى فى تخطيط القرية استقامة طرقها واتساعها بقدر المستطاع لإمكان تمرير خطوط المواسير بها واستخدام الطوب الأحمر فى بناء دورات مياه ا سكن على الأقل بدلا من الطوب الأخضر مع تزويد



(شكل رقم ٣٥) — المرحاض الريفي

المساكن بالتوصيلات اللازمة ووسائل التصريف الصحى الملائمة التى يمكن أن تستوعب فائض المياه .

ومن المنتظر بعد إدخال المياه إلى المساكن أن يزيد استهلاك الفرد عن ٣٠ لتر فى اليوم إلى ما يتراوح بين ٥٠ ، ١٠٠ لتر يومياً .

٢ — مشروعات الصرف الصحى :

لما كان المسكن القروى كما سبق ذكره يحتوى على مرحاض ومكان للغسيل والاستحمام فإن ذلك يستتبع توفير مشروعات الصرف الصحى لكل مسكن أو لكل مجموعة من المساكن .

ومشروعات الصرف القروية تعتمد أساساً على التصريف المباشر فى الطبقات السفلية من التربة سواء عن طريق الخنادق أو البيارات حيث لا يتيسر عمل مشروعات مجارى عامة للقرى الضخامة التكاليف .

وبعد محاولات عديدة وتجارب كثيرة على نماذج المراحيض الفردية أمكن الوصول إلى نموذج سهل التنفيذ قليل التكاليف (مرحاض قليوب) (شكل رقم ٣٥) .

٣ — الإنارة :

تعميم الإنارة فى الريف يترتب عليها استتباب الأمن وتهيئة الوسائل لازدهار الصناعات الريفية مما يساعد على الحد من الهجرة إلى المدن .

وقد تم تركيب مجموعات كهربائية صغيرة فى الوحدات الصحية والمجمعة وعددها ٢٠٠ مجموعة لإنارة طرق القرية الرئيسية ومعالجة المرافق العامة . وينتظر بعد تواجد شبكة كهربائية تمر خلال مدن القطر وقراه أن تتوافر القوى الكهربائية اللازمة لإنارة جميع مساكن القرية .

ويجب أن يراعى فى تخطيط القرية اتساع طرقها واستقامتها بقدر الإمكان حتى يمكن إنارتها .

الطاقة البشرية ودورها

في حل مشكلات الإسكان الريفي

للمهندسين محمد أمين السيلاوي
أحمد إحسان صادق

مقدمة

تواجه معظم الدول منذ انتهاء الحرب العالمية الثانية ، مشكلات متعددة وشتى . ومن أظهر هذه المشكلات ما يخص الإسكان سواء كان ذلك بسبب عدم ملاءمة المساكن الحالية ومسايرتها للتطور الاجتماعي والصحي الذي حدث في هذه الفترة الأخيرة .

وتعتبر الدول الافريقية والأسيوية أكثر دول العالم معاناة من هذه المشكلة وذلك للأسباب الآتية :

— الزيادة المضطردة في عدد السكان في هذه البلاد بصورة لا تتناسب مع إمكانياتها ومواردها .

بقاء معظم هذه الدول تحت السيطرة الأجنبية لفترة طويلة وتهدف السياسة الاستعمارية دائماً إلى عدم إتاحة الفرصة للشعوب كي ترقى اجتماعياً أو ثقافياً أو صحياً .

— رزحت كثير من شعوب هذه الدول تحت أنظمة إقطاعية صارمة كان من أولى أعمالها أن يعانى الناس صنوف الذل والهوان :

وعندما تحررت البلاد وأصبحت حرة التصرف في حاضرها ومستقبلها وتولت أمورها حكومات منبثقة من بين جماهير الشعب حاولت هذه الحكومات أن تعوض لأبنائها ما حرمتهم منه العهود السابقة . فوضعت برامج من شأنها أن تمحو آثار الماضي السيئة وتدفع بالشعوب إلى الأمام في قفزات سريعة متتالية في جميع الميادين .

وإذا كنا قد قصرنا هذا الكلام على الدول الأفريقية فليس معنى ذلك أن غيرها من الدول لا تواجه نفس المشكلة ولكن ظروف هذه الدول وإمكانياتها تختلف عن ظروف تلك .

ولو أن هذا المؤتمر قاصر على بحث مشاكل الإسكان بالنسبة للدول الافريقية والآسيوية إلا أنه من الصالح أن ندرس ونناقش الحلول التي توصلت إليها الدول الأخرى التي سمحت لها ظروفها وإمكانياتها بأن تسبقنا في هذا المضمار .

ولما كانت لكل دولة ظروف خاصة فإن الحلول التي توصلت إليها كل منها تختلف بالنسبة لنوع المشكلة إلا أنها جميعها تتفق في مبدأ عام . وهدف واحد هو توفير المسكن الصالح لأفراد الشعب على اختلاف مستوياتهم وظروفهم .

وعلى ذلك فإن أي حل يراه هذا المؤتمر يجب أن يكون متمشياً مع ظروف وإمكانيات كل دولة وقابلا للتطور .

ومن بين الحلول التى توصلت إليها بعض الدول طريقة إقامة المبانى على مبدأ الإسكان الذاتى الموجه .

ويعتمد نجاح هذا المبدأ على فكرة تعاون الحكومة مع المجتمع فى حل إيجابى لمشكلة الإسكان ففى المجتمع تكمن طاقة بشرية هائلة ينقصها التنظيم ليمكن استغلالها وتوجيهها للمساهمة فى مجال الإنشاء وكذا كل ماهو مستطاع لتخفيف عبء الحكومة فى علاج هذه المشكلة وإذا كان هذا المبدأ قد ثبت نجاحه فى الدول الأوربية والأمريكية فى جميع مستويات الإسكان . فإنه من الممكن أن يكون أكثر نجاحاً فى الإسكان الريفى وفى معظم الدول الافريقية والآسيوية على أن تعتبر الفكرة العامة هى أساس الحل مع تطوير التفاصيل وطريقة التطبيق بما يتلاءم مع ظروف وإمكانيات كل منطقة أو إقليم .

وينقسم الحل إلى شطرين أحدهما يقع على عاتق الحكومة والثانى يطلب من الأهالى فإذا قام كل منهما بواجبه بطريقة سليمة واقتناع تام بالفكرة المقصودة ونظمت العملية بشطريها أمكن تحقيق الهدف بما يتفق مع الصالح العام .

الفصل الأول

أولا — ما هو الإسكان الذاتى الموجه :

يتضح من التسمية أنه طريقة استغلال أوقات الفراغ المتيسرة خصوصاً بين المزارعين وفى فترات كثيرة واستخدام هذا الفائض الهائل من الوقت فى صورة جماعية عن طريق تشكيلات متعاونة فيما بينها وبإشراف الجهات الرسمية فى إقامة مشروعات الإسكان الخاصة بالمجتمع .

كما أن هذه الفكرة يمكن أن تطبق بتنوع تكتيكى غير محدود يتدرج من إنتاج مسكن كامل حديث كما فى السويد إلى مجرد تغيير الأسقف الغير صحيحة ولا ملائمة بأخرى من ألواح معدنية أو اسبستس مموج كما فى بورما .

وبالرغم من أن هذا البرنامج يجنب كثيراً من المصاعب الشائعة فى أى مشروع سكنى فإنه فى الحقيقة غالباً ما يصحبه تعقيدات إضافية من نوع آخر . فبجانب المشاكل العادية الخاصة بالتنظيم الحكومى للمشروع والنقص فى الأيدى الفنية والصعوبة فى التصميم والتخطيط — توجد صعوبة نشر الوعى بين المجتمعات لتقبل مثل هذا المشروع ولكن بمجرد أن يستدل على حل لهذه المشكلة فإن عواطف الناس وعاداتهم وتقاليدهم هى التى ستحدد نجاح المشروع .

ثانياً — الدراسة التحليلية للإسكان الذاتى الموجه :

يجب أن يكون البرنامج قائماً على دراسة تحليلية واقعية للمجتمع بمختلف نواحيه الاجتماعية والاقتصادية والفنية ولكن هناك اعتقاد خاطىء بأن الخبرة فى تطبيق الفكرة تكتسب بمضى الوقت وتكرار التجربة وحجتهم فى ذلك أنه يجب أن يبدأ فى إجراء فورى للقضاء على مشاكل الإسكان دون الانتظار لنتائج التحليل ولكن سرعان ما تتوه مطارد التعويل بالاجهاد ويدب الفشل وعدم الثقة فى روح العاملين فى المشروع من خبراء ومنتفعين نتيجة لعدم الدراسة التحليلية الواقعية فى مبدأ الأمر والتحليل الجزئى أفضل من عدمه وبالرغم من أن الدراسة التى تعمل مقدماً تكون ذات نفع كبير على المشروع إلا أنه قد يتعذر فى بعض الأحيان القيام بها . ففى بعض المناطق يصعب الحصول على المعلومات الضرورية ولكن الدراسة الجزئية فى هذه الحالة خير من لا شىء فإنها يمكن أن تلقى ضوء على التقاليد والعادات والرغبات كما أن المعلومات الأولية لتعداد السكان ومتوسط الدخل ومصادر التمويل تحدد معالم المبدأ الذى يقتضى تطبيقه .

خطوات التحليل :

هناك خطوات أربع رئيسية يجب أن تؤخذ فى الاعتبار حتى ولو اقتضى الأمر أن يكون التحليل الابتدائى على نطاق ضيق أو سريع .

١ — استعراض طبيعة وأهمية المشكلة بوجه عام .

٢ — دراسة مصادر التمويل المتيسرة .

٣ — الاستدلال على طرق حل المشكلة .

٤ — التوصية بالبرنامج .

ثالثاً — كيف يمكن أن ننظم برنامج للإسكان الذاتي الموجه :

سبق أن تكلمنا عن وقت الفراغ الغير مستغل للعائلات المنتفعة وقلنا إنها المورد العظيم المتيسر للنهوض بالإسكان فى كثير من البلاد وكذلك أشرنا إلى أن الاحساس بأهمية المشروع وعواطف الناس وتقاليدهم وعاداتهم وعقائدهم المنعكسة على هيئة تعاون هى التى تقرر وضع النهوض بالإسكان .

هذه الحقائق جذرية وحل مشكلة ضمان التعاون بين المجتمع والحكومة إلى أقصى حد للاستفادة من وقت الفراغ هى أهم مشكلة تواجه فى أى مشروع من هذا النوع .

وهناك مدرستان فى طرفى نقيض تحددان مدى هذا التعاون بين المجتمع والحكومة وذلك التناقض إنما يوضح المدى الواسع والتنوع للطرق التى يمكن أن تختار لتطبيقها فالمدرسة الأولى تنادى بأن تكون مساعدة الحكومة فى أضيق الحدود إذ أن مصادر دخلها محدودة ويجب أن توزع على خدمات متعددة . والحل العملى الوحيد فى رأيهم هو أن نعد الناس لأن يكونوا البادئين بالنهوض بمساكنهم وبذا نقدم النوع العملى الوحيد للمساعدة فى حدود إمكانيات الحكومة وغاية ما يعمل أن تكون هيئات تحث الناس على النهوض بمأواهم وربما توجه تفكيرهم كأن ترشدهم للطرق والوسائل وهناك تقدير كبير لهذا الاتجاه فإنه ولا شك توجد مناطق عديدة كل ما هو ضرورى لها للنهوض بالاسكان هو هذا النوع من المساعدة .

أما جماعة المدرسة الأخرى فتعتقد أن الطريقة الوحيدة لعمل تقدم حقيقى فى برنامج الإسكان الذاتى الموجه أن نبدأ بمتخصصين فى هذا النوع من المشاريع ليخططوا الحلول والاحتياجات اللازمة وعرضها على أولى الأمر .

ونحن جميعاً نعرف أنه فى أغلب الحالات التى تفرض حلولا بعينها على الناس لا تأتى بنتيجة البتة حتى ولو كانت معقولة وعملية إلا أننا نعرف أيضاً أمثلة عديدة خصوصاً فى حالات الطوارىء أنه عندما يطلب اليائسون من أن يجدوا مأوى — من الحكومة التعرف على مشاكلهم وتكريس مواردها لتقابلهم فى منتصف الطريق مهيئة الحلول لتمكنهم بالتعاون معها لإقرار الرأى على برنامج لتهجيرهم أو إسكانهم وهذه الحالة هى مثل صادق لبرنامج الإسكان الذاتى الموجه فى أحسن صورة وأبسطها .

وبين هذين القطبين المتنافرين يبرز حل وسط يضم أحسن العناصر من كلا الرأيين السابقين ويتلخص هذا الرأى فى أنه فى إمكان الحكومة المسئولة والهيئات أو التشكيلات الشعبية المتحمسة فى القرى أو المجتمعات الريفية أن يتعاونوا معاً لتعرف مشاكلهم ويقوموا مصادر ثروتهم ويعدوا برنامجاً للنشاط الايجابى .

١ — تأجيج الرغبة فى الإصلاح :

بعد مايستقر الرأى على الحل الأساسى للاصلاح السكنى فإن تأجيج الرغبه فى إصلاح المأوى بين الكتل التى تعانى من سوء السكنى يصبح ذو أهمية عظمى ولسوء الحظ نجده غالباً فى غاية الصعوبة لجماعات الدخل المحدود لا تعانى فقط من سوء المأوى بل تعانى أيضاً من سوء التغذية ومن الجهل ولذا فإنهم لا يستطيعون تصور أن أحداً يريد مساعدتهم ليساعدوا أنفسهم بل إنهم عند محاولة إقناعهم بذلك يتساءلون عن الدافع من أجل هذا العمل وعما يتوقع الذين يقدمون المساعدة أن يكسبوه من ورائه وماذا يوجد فى الجو من جديد لاستغلال الفقير .

وأكثر من ذلك فإننا دائماً نواجه بمقاومة التغيير والإصلاح . وفى بعض الأحيان لا يأبه الناس لاحتياجاتهم الحقيقية بالرغم من أنهم يشعرون بخيبة الأمل والمرارة .

ويبدو أنه لا يوجد غير حل واحد وهو التعليم الاجتماعى

فإذا كان الناس لا يأبهون لاحتياجاتهم إذن فهناك سبيل لتوعيتهم لهذه الحقيقة ولإعدادهم ليفعلوا شيئاً لذلك والأهم من هذا مساعدتهم ليتحققوا أن هناك حل معقول متيسر أو يمكن تيسيره .

ويأخذ التعليم الاجتماعى أشكالا عدة متدرجة من مجرد الإعلان بأن الدولة متأهبة للمساعدة بتخطيط عملى للنشاط الإيجابى إلى التعليم الجذرى لطبيعة الإنسان وتاريخه وحياته وطريقة عمله وعلى الأخص بالطريقة التى يمكن أن يصلح بها مأواه .

ومهما تكن طبيعة المشكلة فإنه توجد حقيقة واحدة ظاهرة وهى أنه يجب أن يقتنع الناس بمثل هذا البرنامج . ومن هذا يظهر عنصر أساسى فقبل أن يعلن البرنامج رسمياً يجب التأكد أن القادة الشعبيين (الرؤساء — الأئمة — رجال الدين — العمد — القادة السياسيين) والمؤثرين على الجماعات والذين سيساهمون فى تطوير البرنامج يجب أن يكونوا ملمين كلية أو على الأقل متفهمين للحقائق البيئية ومقتنعين بقيمة البرنامج — فإذا أخذت هذه الخطوة فى الاعتبار فإن القادة سيكونون فى حالة تسمح لهم بالتأثير على تفكير الجماهير وتصحيح الأحاديث المضللة والترجمة الخاطئة قبل أن تكتسب بعض أنواع الاعتقاد خلال التكرار .

٢ — تنظيم المجتمعات للاسكان الذاتى الموجه :

بغض النظر عمن يتعرف على الاحتياجات ، الحكومة أم الأهالى . فمجرد تقديم البرنامج الذى دعم بتأييد القادة الشعبيين فقد حان وقت التعاون الضرورى مع العائلات لوضع تخطيط مشترك للنشاط الايجابى .

ويمكن أن نقسم هذه المرحلة من البرنامج إلى ثلاث أقسام رئيسية :

(ا) العرض للرأى العام .

(ب) عرض التنظيم مع بعض التفصيلات محلياً .

(حـ) العرض التفصيلى للعائلات التى تعتقد بأن الحل المقترح يعتبر عملياً وأبدت اهتماما بالانتساب للمشروع .

والعرض للرأى العام يقوم خلال أجهزة الإعلام شامل الاذاعة والتليفزيون والصحف والكتب والكتيبات والنشرات والمحاضرات والمعارض والندوات .

وعرض التنظيم محلياً يأتى عن طريق استخدام كل الطرق الفنية والندوات الاجتماعية والمساعدات المرئية والنشرات .

والعرض التفصيلى للعائلات التى تظهر اهتماماً بالانتساب غالباً يأتى عن طريق ندوات أو مقابلات شخصية والاتصال الشخصى المباشر فعال فى إعطاء فكرة صحيحة لرد الفعل الحقيقى وفى تصحيح الأفكار الخاطئة . على أنه من الواجب عند هذه المرحلة أن تكون تفاصيل التخطيط معدة للعرض وهنا يجب أن يكون كلا من البرنامج نفسه والطابع المميز للعائلة قد استكشف لدرجة كبيرة وتصل العائلة فى أثناء هذه المرحلة إلى قرارها فى تطبيق المشروع وفى نفس الوقت تختبر صلاحيتها للانتساب .

٣ — الطرق الجماعية والفردية للإنشاء :

يجب أن نناقش هنا عنصر آخر يخص انتساب الناس عند بنائهم مساكنهم وهو الكيفية أو الطريقة التى سيشتغلون بها بمجرد اقتناعهم بأن مجمل المشروع معقول وعملى . وبما أن استخدام النشاط الجماعى لمشاريع الإسكان الذاتى الموجه قد بولغ فى تأكيدها فى التجارب الأخيرة إلى درجة أن الكثرة يعتقدون أنها الطريقة الوحيدة لبناء المساكن بواسطة الإسكان الذاتى الموجه — إن هذا النشاط الجماعى غالباً ما يكون طريقة فعالة لبناء المساكن الذين سيشغلونها وأحياناً تكون هى الطريقة الوحيدة ولكن الإصرار على هذا المبدأ ربما يؤدى إلى المخاطرة بالبرنامج بأكمله وربما ينتج عنها فى وقت ما فشل ذريع .

وتؤثر كثير من العوامل على الطريقة التى سيشغل بها الناس . وأهم تلك العوامل هى طبيعة القوم أنفسهم والطريقة التى يعملون بها فى حياتهم العادية ، ومثال ذلك أننا إذا فرضنا تطبيق برنامج الإسكان الذاتى الموجه فى منطقة يمارس

فيها العمل عادة فى الحقول بواسطة جماعات متحركة من حقل لآخر — فانه من المتوقع أن يكون النشاط الإنشائى الجماعى هو الأمثل فى هذه الحالة وكذا إذا تطلب الناس إشرافا دائماً أثناء فترة الإنشاء وإلى هنا يأتى فى الصورة تحليل تقدمى . صادف العاملين فى هذا النوع من مشاريع الإسكان فى بعض المناطق يعمل أعضاء الجماعة بصورة أحسن إذا لم يعرف كل منهم — وحتى إتمام جميع المساكن أى مسكن سيكون له فى حين أنهم فى أحيان أخرى يمتنعون عن العمل مالم يحدد لكل منهم مقدماً مكان مسكنه الذى سيشغله .

وتوجد تجارب رائدة كثيرة طبق فيها مبدأ النشاط الجماعى فى الإسكان الذاتى الموجه وأعطت نتيجة ناجحة كل النجاح كما فى بورتوريكو وسورينام وترنيداد .

ومن ناحية أخرى نجد أننا إذا فرضنا تطبيق البرنامج ذات كيان متفرق حيث لا يشتغل الناس عادة فى جماعات أو ربما لا يثق بعضهم ببعض فسيكون من العبث محاولة إقامة مجموعة للاسكان الذاتى الموجه بواسطة النشاط الجماعى ، وفى حالات كهذه — ويوجد كثير منها — تشتغل العائلة فى وحدة لتبنى مسكنها إلا أن ذلك لايعنى إطلاقاً تجاهل النشاط الجماعى الغير رسمى وذلك عندما يساعد الأقارب والجيران بعضهم البعض فى إقامة المساكن ولكنها فى هذه الحالة تترك المسئولية الكبرى على عاتق العائلة أكثر من تركها على عاتق التنظيم الجماعى .

وفى اليونان نجد مثلا واضحاً لبرنامج الإسكان الذاتى الموجه الذى تركت فيه المسئولية كاملة على عاتق العائلة ، وذلك عندما أعادت ٧٠٠٠٠ عائلة بناء مساكنها التى دمرت أثناء الحرب العالمية الثانية والثورة التى أعقبتها ١٩٥٠ ، وقد طبقت السويد مبدأ الإسكان الذاتى الموجه من سنوات ووجدت أن التشكيل العائلى يعطى نتيجة مرضية حتى عندما تشييد المساكن فى صفوف متصلة .

وعندما يستقر الرأى على تطبيق مبدأ النشاط الفردى فإنه من الأمثل دائماً أن تختار المساكن البسيطة السهلة الإنشاء ويستعمل الخامات وطرق الإنشاء التى تعود عليها الناس ، وبذا نتجنب الحاجة إلى إشراف فنى دائم ، وهذا له أهمية كبيرة خاصة عندما تبنى المساكن فى مواقع منتشرة كما فى المزارع الخاصة وتبدو أقل أهمية عندما يشتغل الكل متجاورين كما فى القرى .

وبذا فقد أصبح من الواضح أنه لا توجد قواعد ثابتة لتطبيق نظام النشاط الجماعى أو الفردى ولكن الاختيار يجب أن يلائم الظروف المحيطة وأن يكون الأشخاص المعنيين بالأمر ملمين بالمزايا والأضرار لكل طريقة .

رابعاً — أشكال المساعدات :

نشأت الفكرة فى مبدأ الأمر على أساس إسكان ذاتى فقط بمعنى أن العائلات تقوم بمجهود جماعى فيما بينها لإنشاء مساكنهم ولكن وجد أنه باستخدام وسائل التوجيه والمساعدة أمكن للانسان أن يصلح مأواه إلى درجة كبيرة لا يمكنه أن يبلغها بغيرها ويأتى التوجيه والمساعدة عن طريق عدة مصادر تأخذ غالباً كل ما يتصور من أشكال متباينة .

ويشمل التوجيه عادة المساعدة فى المراحل المهمة لضمان العمل وفى تطوير بعض الحلول العملية التى تهم الغالبية العظمى من الناس — وفى وضع البرنامج بحيث يضمن القيام بالأهم أولا وتخطيط للمصادر المالية المتيسرة على المدى البعيد بحيث تخدم أكبر عدد ، والمساعدة فى اصدار التشريعات إذا لزم الحال ليتم البرنامج .

وتأخذ المساعدة أشكالا أخرى متباينة نذكر منها المساعدة الفنية فى التصميم واستعمال الخامات والمساعدة أثناء فترة الإنشاء والمساعدة المالية والامداد بالعمال — غالباً ليس بأكثر من عمال فنيين للمساعدة فى المراحل الصعبة للانشاء — وتمليك الأرض أو تهيئة بعض الضمانات لتمليكها — والإدارة والإرشاد الاجتماعى للنهوض بالبرنامج كله ، ومن ناحية أخرى فمن بين وسائل التعاون التى ستساهم بها الأسرة مساعدة السلطات أثناء فترة تحليل مشكلة الإسكان والإمداد بالعمال غير المهرة فى العادة والمساهمة بالمصادر المالية ولو كانت ضئيلة وتقدم الأرض لإقامة المبانى عليها والمواد البنائية وخصوصاً المحلية الأصل .

١ — المساعدة الفنية :

لقد وجه العاملون فى مشاريع الإسكان الذاتى الموجه أن النصيحة والمساعدة الفنية هى واحدة من الأدوات والفعالة للاصلاح والاستعمالات الجديدة للخامات القديمة وتطوير أو تقديم خامات جديدة هى كلها أمثلة للمساهمة الفنية للنهوض بالإسكان والاستفادة من الصناعات البنائية المحلية والمساعدة الفنية أثناء تقديمها من الوظائف المهمة فى مشاريع الإسكان الذاتى الموجه كما فى مشاريع الإسكان العادية .

والشىء الذى يحظى بالاهتمام فى هذه الأيام هو تقديم ماكينة يدوية سهلة الاستعمال لتشكيل الطين ليكون إنتاجه أكثر دواماً واحتمالا عن ذى قبل فالطين مادة موفورة فى كثير من جهات الأرض ويعتبر مألوفا وقد أدى تطويره شكلا وخامة إلى جعله أكثر قبولا وقد أدى الابتكار الفنى الذى طبق فى برنامج الإسكان الذاتى الموجه فى السويد — إلى تصميم هياكل خشبية سابقة التجهيز للمنازل المتواضعة والتى يمكن تشييدها بسرعة وسهلة بواسطة العائلة التى ستقطنها بمعونة الأصدقاء والجيرة تحت إشراف أخصائى متمرن ونتج عن هذه الهياكل منشأ قوى مكتمل بمعرفة العامة .

ورسم المهندسون فى بورتوريكو مساكن من المسلحة تقاوم أعاصير الهاريكين على أساس أن تشيد بواسطة جماعات من العمال غير المهرة وتحت إشراف خبير . ولذلك فان الابتكار الفنى الموجه لإيجاد طرق ملائمة لبناء المساكن بمتطلبات فنية خاصة قليلة — تجد دواعى عظيمة فى مجال الإسكان الذاتى الموجه .

٢ — المساعدة المالية :

تظهر المشاكل المالية فى كل مراحل الإسكان الذاتى الموجه وهى مستعصية الحل تماماً كما هى فى أغلب البرامج العائلية . وعندما نحصر المصادر قبل تخطيط البرنامج يجب إجراء تقدير للمصادر المالية للبلد عامة وكذا للعائلات التى ستنتسب للبرنامج وهذه المصادر المالية بالإضافة إلى التكاليف التقديرية للامداد بأقل التسهيلات تعد دائماً من أوفق البرامج فى وقت من الأوقات . ومع التخطيط المالى العريض وكجزء منه تبرز مجموعة من الأسئلة وهى التى يجب أن تتخذ على أساسها القرارات الخاصة بتفاصيل الإعداد المالى . وهل هذه الأسئلة يمكن أن نحصرها فى الآتى :

(ا) من هو الشخص الذى يختار لينتسب لبرنامج الإسكان الذاتى الموجه .

هل سيكون هناك اختبار لمدى إمكانيات الفرد ؟ فمثلا هل يجب على المنتسب أن يكون من ذوى دخل ضئيل معين هل ستوضع حدود للنسبة بين دخل المنتسب وتكاليف المنزل أو الأقساط الشهرية ؟

هل يجب على المنتسب أن يكون ممن يعملون فى المساهمة فى النمو الاقتصادى على أى وجه من الأوجه ؟

(ب) من الذى سيقوم رأس المال لثمن الأرض — الخامات — المعدات — كيف نحصل على الأموال لهذه الأغراض ؟

(حـ) هل سيرتبط الإرشاد الفنى بالقرض أم يبقى منفصلا ؟ ومن سيتكفل بمصاريفه ؟

(د) من الذى يعد التكاليف الختامية ؟ الحكومة أم المالك أم آخرون ، أو بمعنى آخر هل سيكون هناك معونة وما مقدارها ؟ وهل تختلف التكاليف تبعاً لتقسيط ثمن الأرض على آجال قصيرة أو طويلة ؟

(هـ) كم تبلغ الدفعة المطلوبة من كل منتفع وما هو الحد الأدنى والأقصى لقيمة القرض ومدى الارتباط بين قيمته وتكاليف المبنى ؟

(و) كم يبلغ سعر الفائدة وهل تحصل من المنتفع ؟

(ز) ما هى آجال القرض ؟ وما كيفية استرداده ؟

(ح) هل تتباين الأقساط المدفوعة تبعاً للتغيير شغل المنتفع من سنة لأخرى ؟

من الذى يقوم بالتحصيل ومتى وأين يتم ذلك ؟

(ط) ما هى الترتيبات التى تعمل لجمع الضرائب ؟ لدفع التأمين ضد الأخطار للمبنى مثل الحريق والعواصف — لمنع أو تغطية الضائع « أو الضرر للأملاك » .

(ى) ما هو الجزاء الذى يفرض فى حالة عدم السداد، وهل يتنوع الضمان فى حالة مرض المنتفع أو فقد دخله أو موته . الخ ؟

(ك) هل يجوز للمنتفع سحب أمواله بعد سداده للدفعة المقدمة ؟ هل يمكن إعادة المبلغ تبعاً لأسباب السحب ؟

(ل) ما هو الخطر على إعادة البيع ؟ أو نقل الملكية عن طريق المنتفع ؟

(م) ماهى الاحتياطات التى تعمل لحماية نفوذ الحكومة من الضغط السياسى الذى ربما يظهر فى دور عمل القروض أو جمعها ؟

وبدون التوصل إلى إجابات كافية لهذه الأسئلة قبل البدء فى المشروع ، فالنتيجة غير مؤكدة وربما يؤدى سوء الفهم إلى فشل البرنامج بأكمله .

خامسا — اختيار المنتسب :

إن طبيعة برنامج الإسكان الذاتى الموجه هى التى تحدد إلى مدى بعيد الشخص اللائق للانتساب ، فإذا كانت الحكومة هى التى تقوم بالمساعدة الأساسية فربما يختار الشخص الأحوج . ويقتصر الانتساب على أكثر العائلات حاجة . أما إذا كانت الحكومة تقدم الحد الأدنى للمساعدة الفنية فقط فلا يستدعى ذلك اختيار العائلات الأكثر حاجة .

وفى بورتوريكو اقتصر تطبيق الإسكان الذاتى الموجه فى الريف على عمال التراحيل الذين استقروا فى مواقع دائمة بمساعدة الحكومة وإرشادها وفى الولايات المتحدة الأمريكية وضع تصميم لمسكن ريفى يمنح لأى فلاح بغض النظر عن حالته الإقتصادية وذلك بأجر إسمى أو بدونه . وفى بعض البلاد أقامت الهيئات الصناعية الخاصة مشاريع لإسكان عمالها

وفى السويد وضع مقياس للحد الأدنى والأعلى لدخل العائلات التى يمكن أن تنتسب للبرنامج . وفى الصين الوطنية تايوان أعطيت أولوية المساعدة للعائلات التى تساهم فى النمو الإقتصادى وفى الفلبين حظى سكان الخرائب بالاعتبار الأول عند الاختيار .

سادسا — مصادر التمويل :

إن المشكلة التى ترتبط ارتباطاً وثيقاً باختيار المنتسب هى مشكلة التمويل أو بمعنى آخر يقدم رأس المال المبدئى ، ومن يدفع المصاريف النهائية لاستخدام نتاج الإسكان الذاتى الموجه ؟

وجواب هذه الأسئلة يعتمد على ما إذا كانت الحكومة أو الجمعيات الخيرية أو الهيئات الصناعية هى التى ستتولى المشروع . ويعتمد كذلك على مقدرة الجهة المنوطة بالمشروع فى أن تعتمد قليلا أو كثيراً من رأس المال المبدئى ، ويعتمد أيضاً على ما إذا كان المنوط بالمشروع راغباً فى مساعدة المنتفعين وإذا كان كذلك فإلى أى مدى ؟

وتنوع أشكال التمويل ما بين التمويل بالأرض أو بالخامات أو بالعمال المهرة أو بالإشراف الفنى وعموما فإنه من واجب الحكومة أن تمد يد العون برأس المال المبدئى لتمويل مشاريع الإسكان الذاتى الموجه إلا أنه من الأوفق البحث دائماً عن مصادر أخرى مساعدة . ومن هذه المصادر الأخرى التى جربت الجمعيات التعاونية السكنية وهيئات التسليف العقارى واتحادات الفلاحين والأدوات المحلية . . الخ إلا أن معظمها غير مناسب إطلاقاً لتمويل الإسكان الذاتى الموجه .

وفى جاميكا يوجبوا على المنتسب لهذا المشروع تؤدى دفعات جزئيه لثمن الخامات والخدمات الخاصة التى تقدم مبدئياً بمعرفة الحكومة . والاتجاه الفريد الذى طبق هناك هو تنظيم جماعات دراسة التوفير وهى تنتمى لهيئات التسليف . وتأتى الجماعة كل أسبوع للدراسة قبيل بدء التنفيذ الفعلى . ويبدأ التوفير المنتظم الدائم وتسدد الدفعات

التى قدمتها الحكومة من حصيلته . وعضوية هيئات التوفير مفتوحة فقط للمنتسبين لمشاريع الإسكان . وفى مبدأ الأمر تقرر الجماعة ميعاد ومكان الاجتماعات وقيمة « وحدة التوفير » ويدلى كل عضو بمقدار الوحدات التى يمكن أن يقتصدها أسبوعياً . ولا يدخر أحد بأقل من وحدة واحدة أسبوعياً والوحدة مبلغ ضئيل بحيث يمكن للعضو أن يضعه جانباً وبدون أن يسبب له ارتباكا مالياً . وتقدم عادة التوفير بين المنتفعين يظهر جلياً فى عدد الوحدات المقتصدة لكل فرد .

ويمكن لزيادة ضرائب الدخل فى بعض الأحيان طاقة ضخمة أكثر من رأس المال الخاص لتمويل مشاريع الإسكان الذاتى الموجه .

ومبدأ رفع ضرائب الدخل المحلى والتى يمكن أن تدفع نقداً أو بالخدمات أو بساعات عمل إضافة لها تطبيق واسع الانتشار .

هذا وهناك مصدر آخر من مصادر تمويل مشاريع الإسكان عن طريق المعونات الخارجية سواء بمعرفة هيئة الأمم المتحدة أو المنظمات الدولية الأخرى لعلاج مشاكل الإسكان فى العالم .

١ — الأرض :

تختلف مشكلة الأرض فى الريف عنها فى المدينة وكذلك فى حالة المزارع المتفرقة عنها فى القرى المجمعة وفى الضواحى عنها فى قلب المدينة ، وفى حالة البلاد ذات الصبغة الفردية فى امتلاك الأراضى عنها فى البلاد الاشتراكية التى تمتلك الأرض فيها عدد كبير من الناس ولكن الصبغة المشتركة فيها جميعها أنه لإنجاح برامج الإسكان الذاتى الموجه يقتضى أن يتوفر للمنتفع ضمان ملكية الأرض .

٢ — الخامات والمعدات :

يجب على الجهة المنوطة بالمشروع أن تقدم للمنتسبين معظم الخامات أو أن تمد الأموال اللازمة للشراء بالجملة — عندما يتضح أن ذلك عملياً ويجب أن تكون المعدات متيسرة للفرد بدون مقابل أو نظير مبلغ ضئيل أو أن تعد الترتيبات لإمكان تأجير العدد والآلات وتسليمها لهم .

وفى هذه الحالة يجب إعداد بعض الترتيبات لطريقة توزيعها واسترجاعها وتغطية أى مبالغ قد تستخدم فى نقلها .

٣ — الخدمات الفنية :

يجب على الهيئة المتولية للمشروع أن تمد يد المساعدة بالفنيين ليوجهوا المنتفعين أثناء فترة الإنشاء وعادة يكون ذلك بدون مقابل نظير مرتباتهم ومصاريفهم . وبخدمات قليل من الفنيين يمكننا أن نساعد كثيراً من العائلات فى تخفيض تكاليف المسكن ونبين للفنيين أن الخامات الموجودة يمكن استخدامها بطريقة أكثر اقتصاداً وملاءمة أو أن يقدموا خامات مستحدثة تمدهم بمنشأ أفضل ومساحة تصميمية معقولة بنفس التكاليف أو بأقل منها فى حالة ما إذا انعدم الإرشاد الفنى .

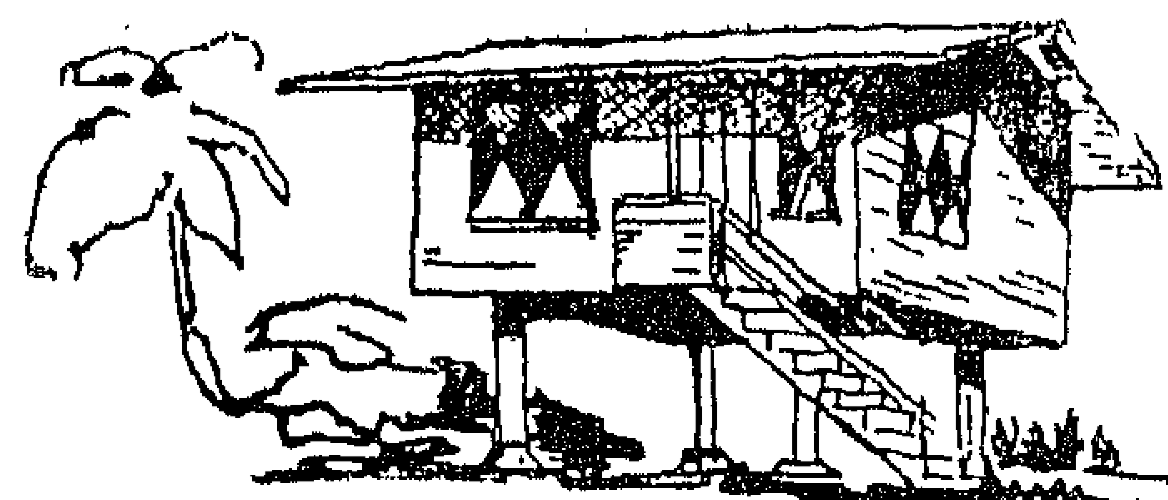
٤ — العامل كشكل للمساعدة :

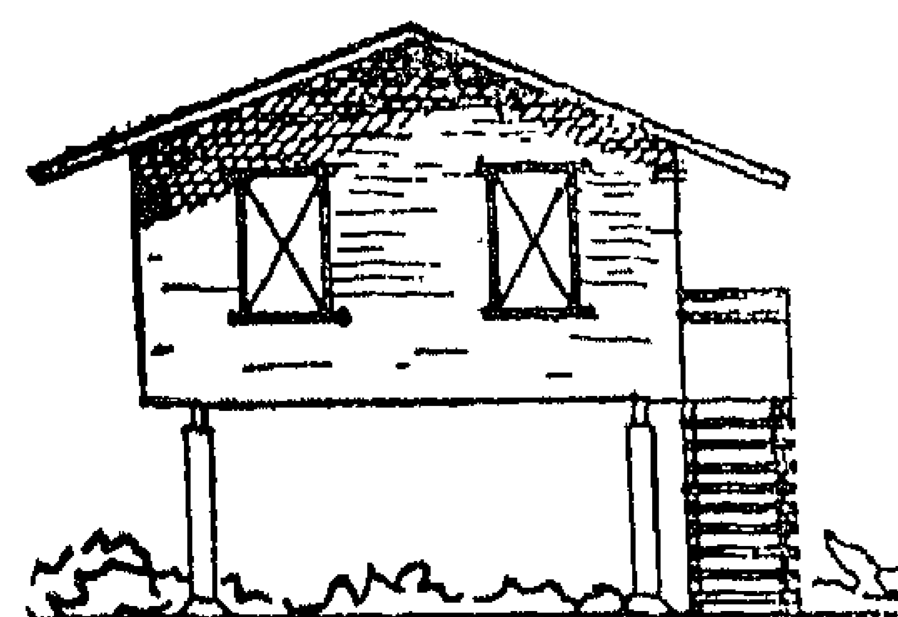
بالإضافة إلى التوجيه الفنى أثناء فترة إنشاء المساكن فإنه من الضرورى فى بعض الأحيان أن تعطى مساعدة حقيقية على شكل عمال مهرة فى المادة — لمعاونة وتأييد جهود الأهالى .

ومن المعروف أن الأفراد الذين ينتسبون لمشاريع الإسكان الذاتى الموجه تكون مقدرتهم فى الإنشاء عادة محدودة . ولذا فإنه من الضرورى مد يد العون بالمساعدة الفنية خصوصاً إذا كانت تقاليد الإنشاء المحلية ينتج عنها تعقيدات إنشائية أو عند تقديم خامات غير مألوفة أو طريقة إنشائية جديدة .

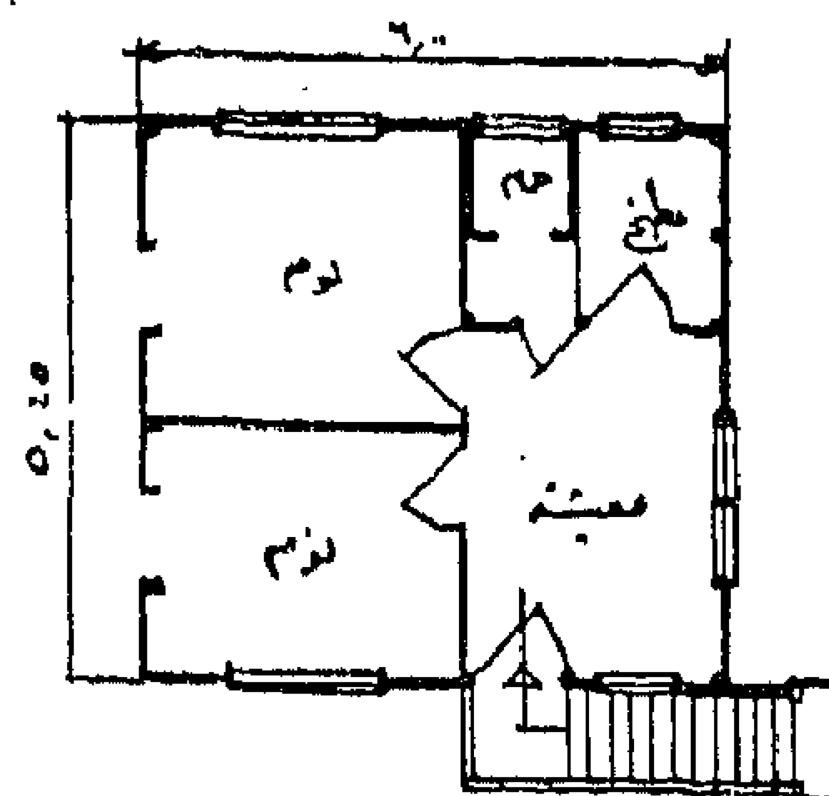
والفشل فى تعرف هذه الحقيقة وعمل الترتيبات الضرورية ليكون الحصول على العمال الفنيين متيسر عند الحاجة بسبب تأخيراً خطيراً وأسوأ من ذلك إذا ترك هذا المبدأ أو صرف النظر عنه فى عملية على نطاق واسع فالنتيجة هى نقص خطير

سورينام



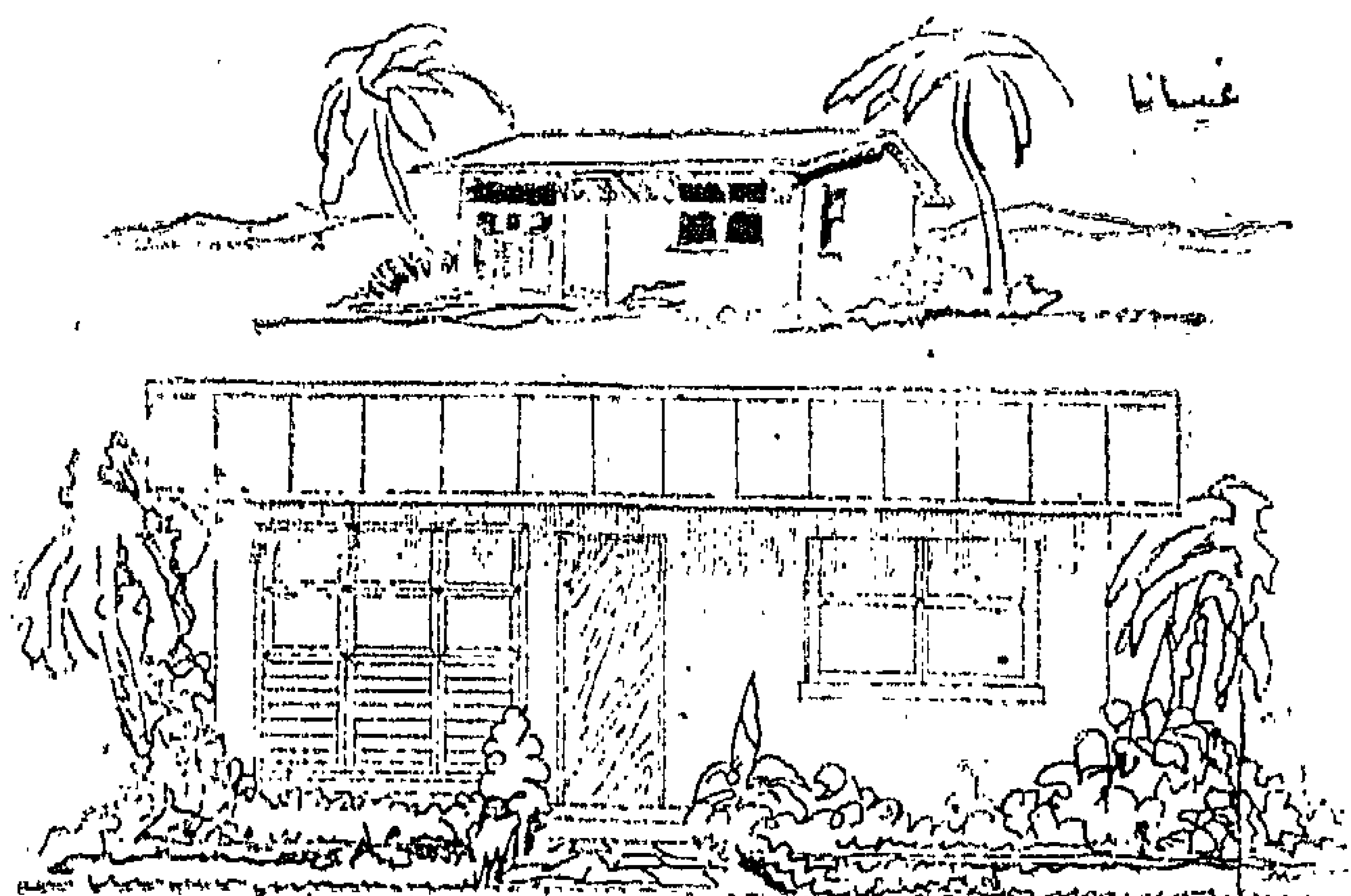


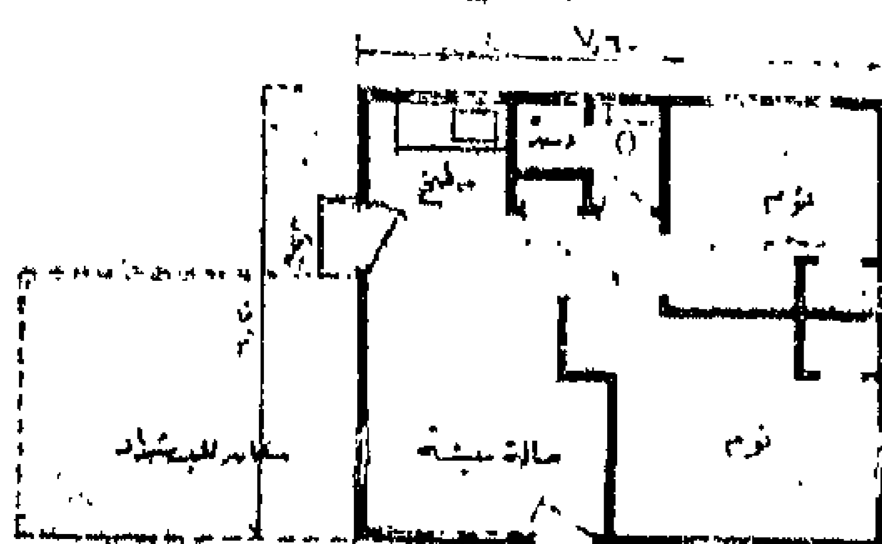
واجهة جانبية



مسقط أفقي

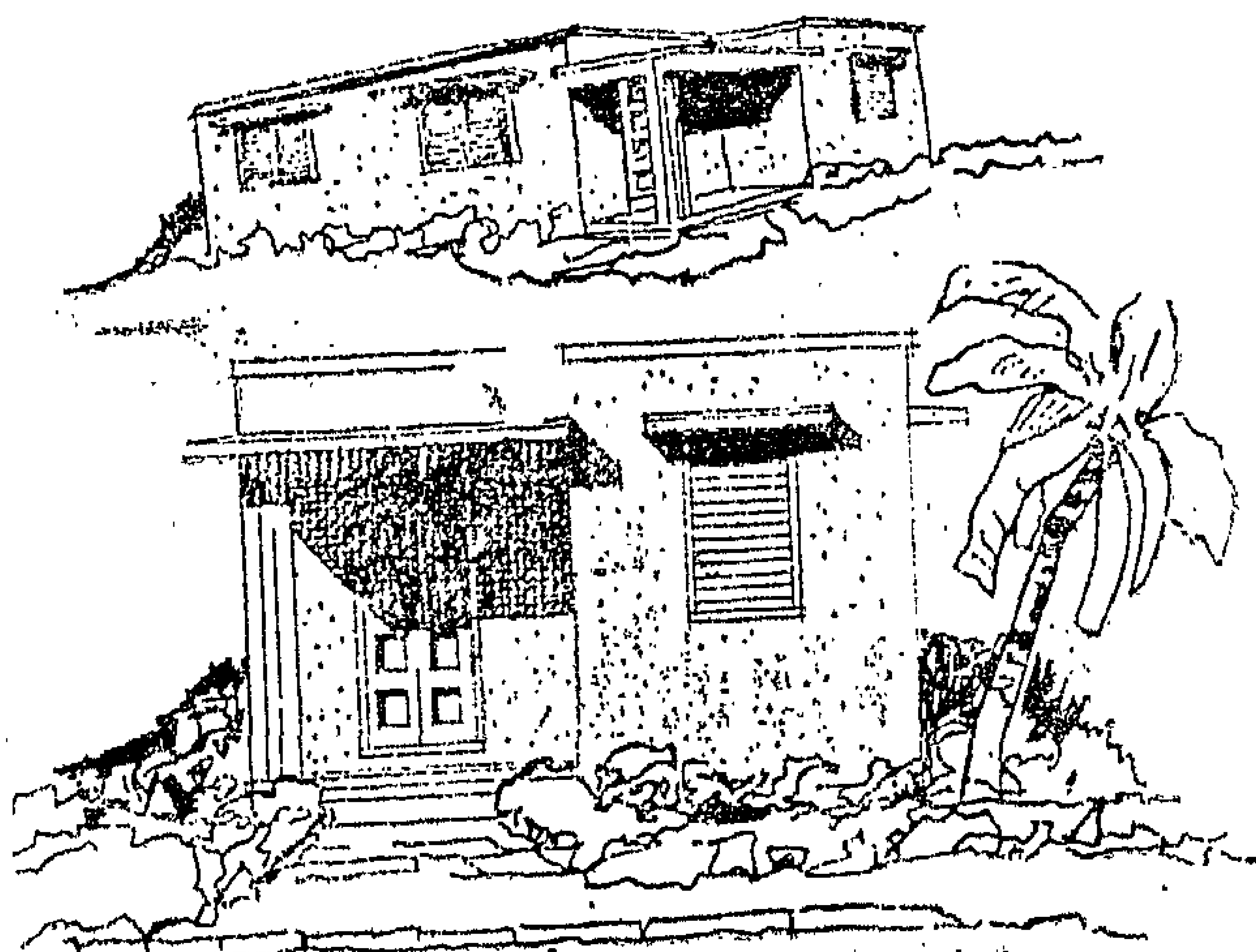
غينيانا

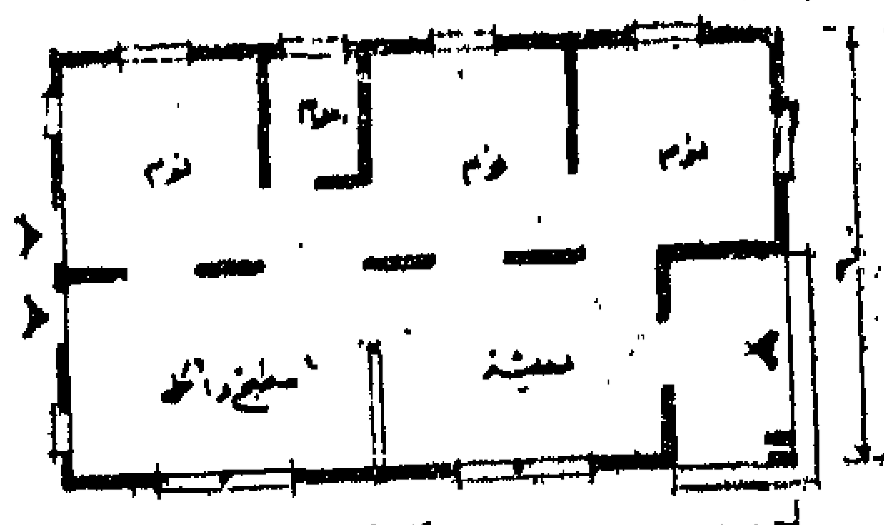




مسقط أفقي

هندوراس

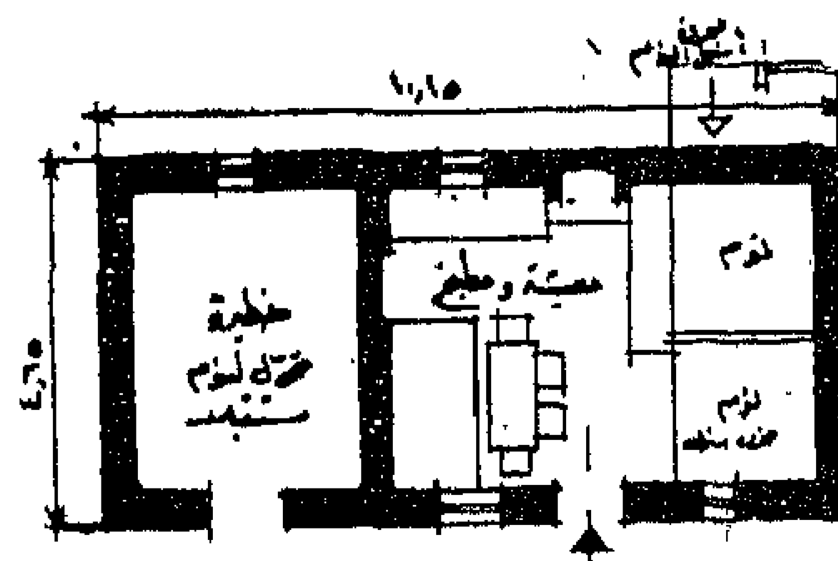




مسقط أفقي

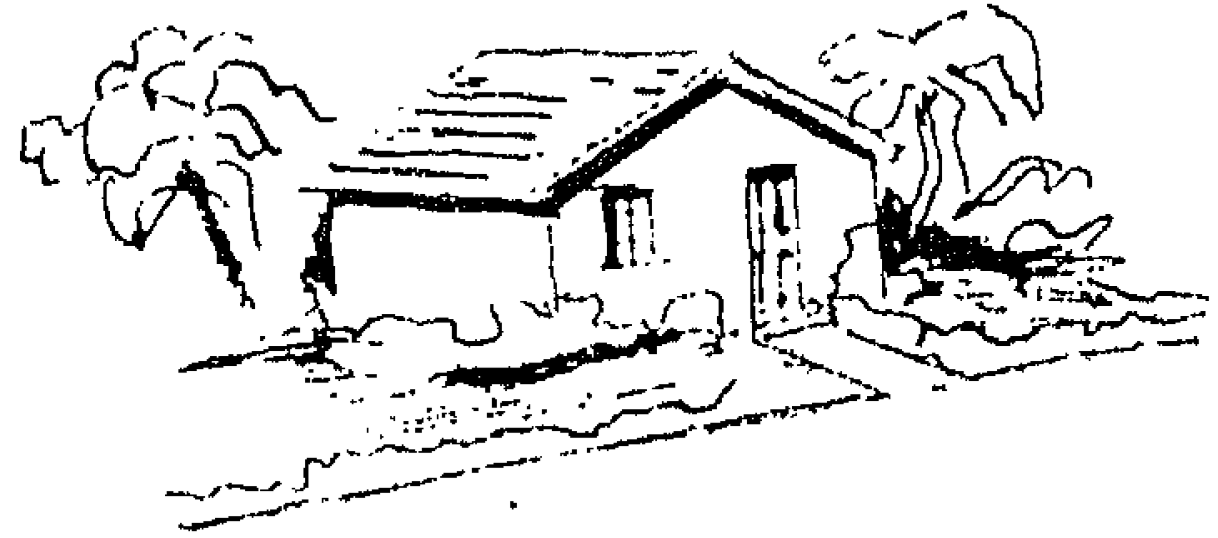
اليونان

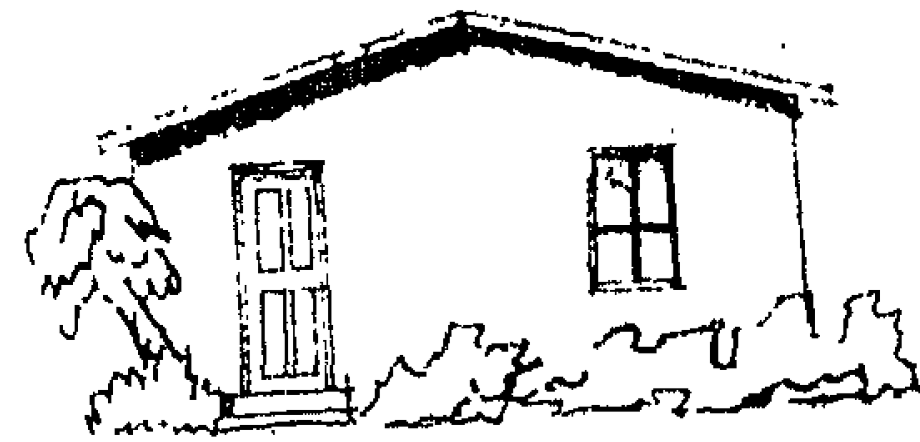




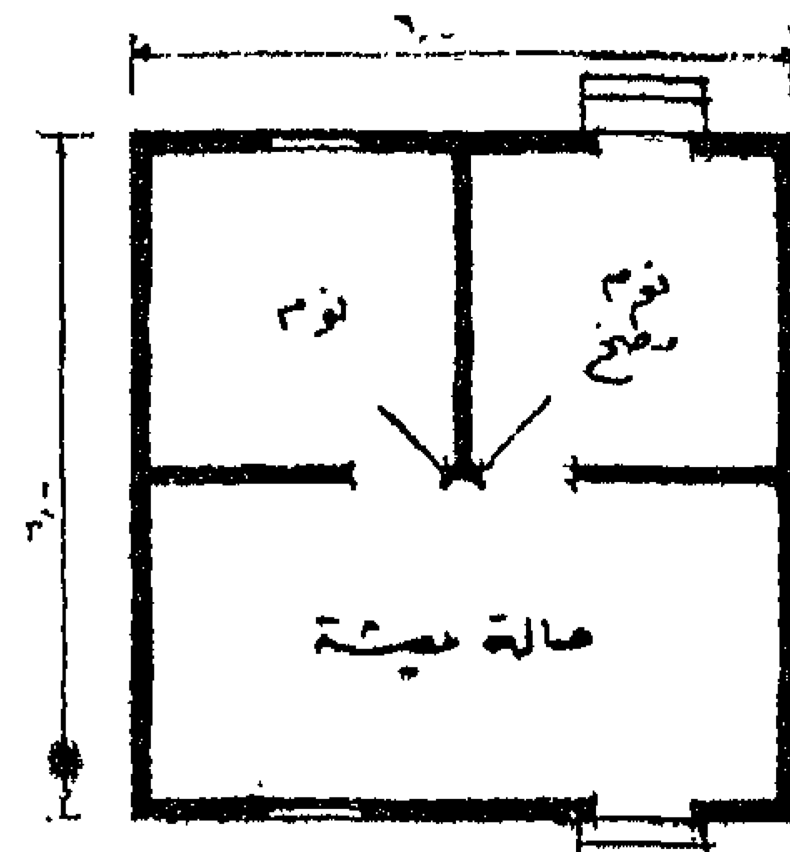
مسقط أفقي

باربادوس



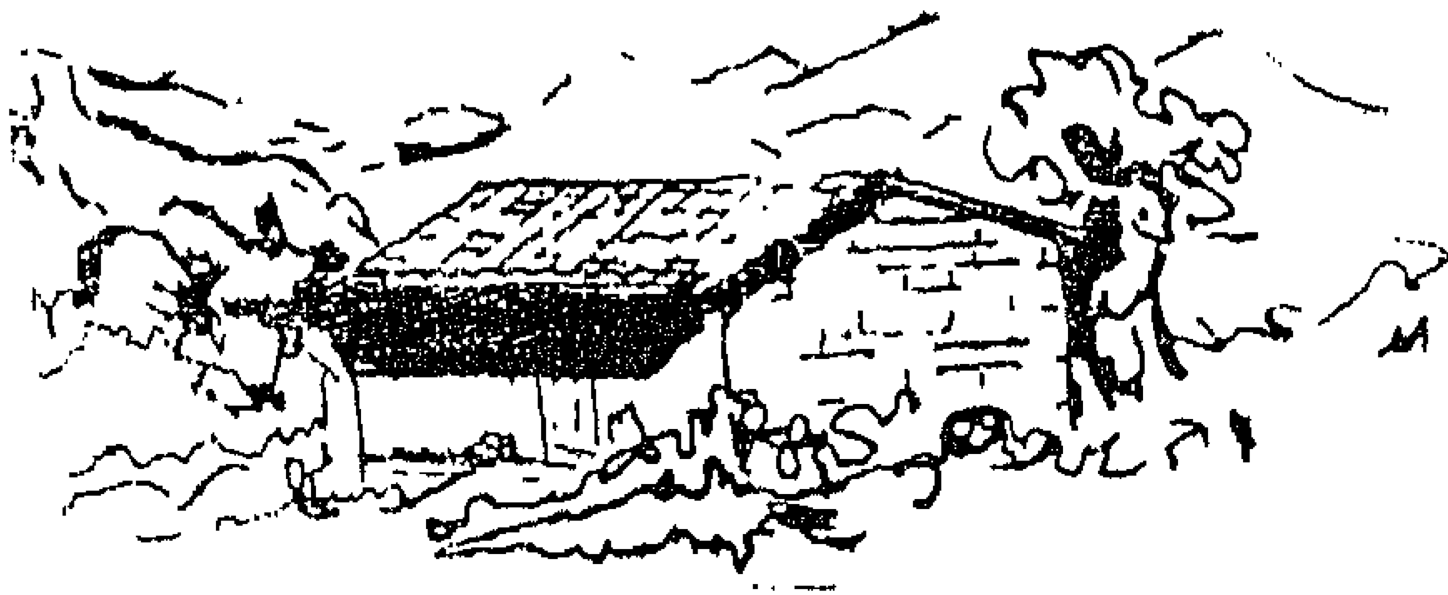


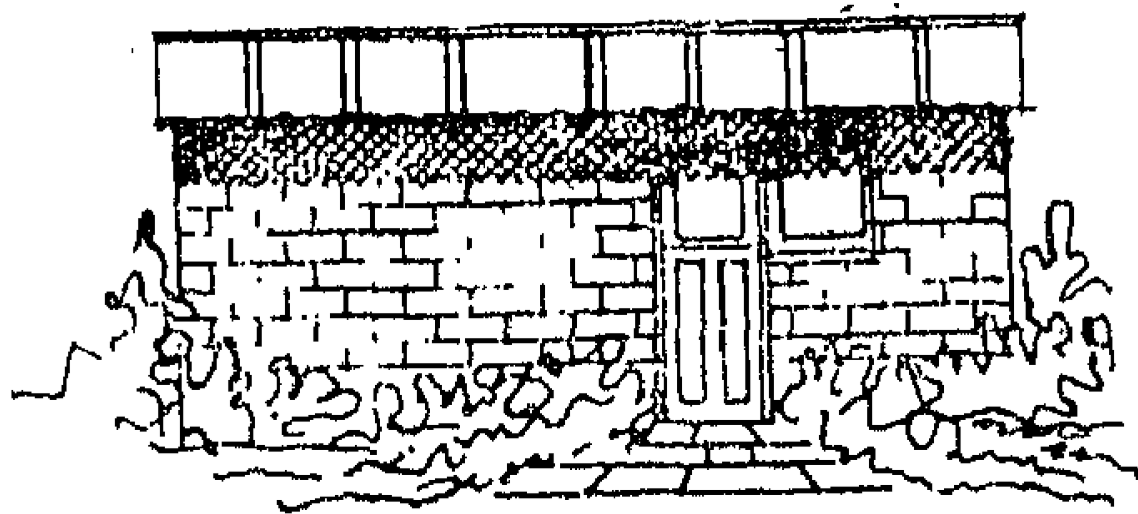
واجهة خلفية



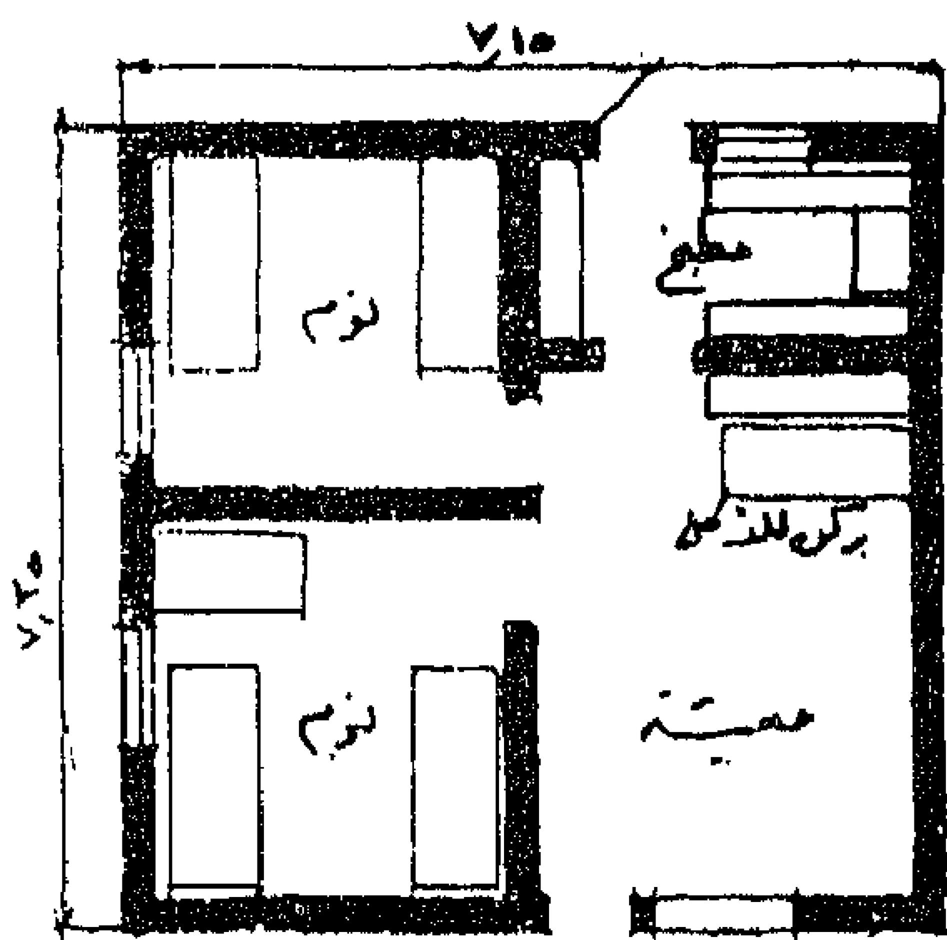
مسقط أفقي

شيلي



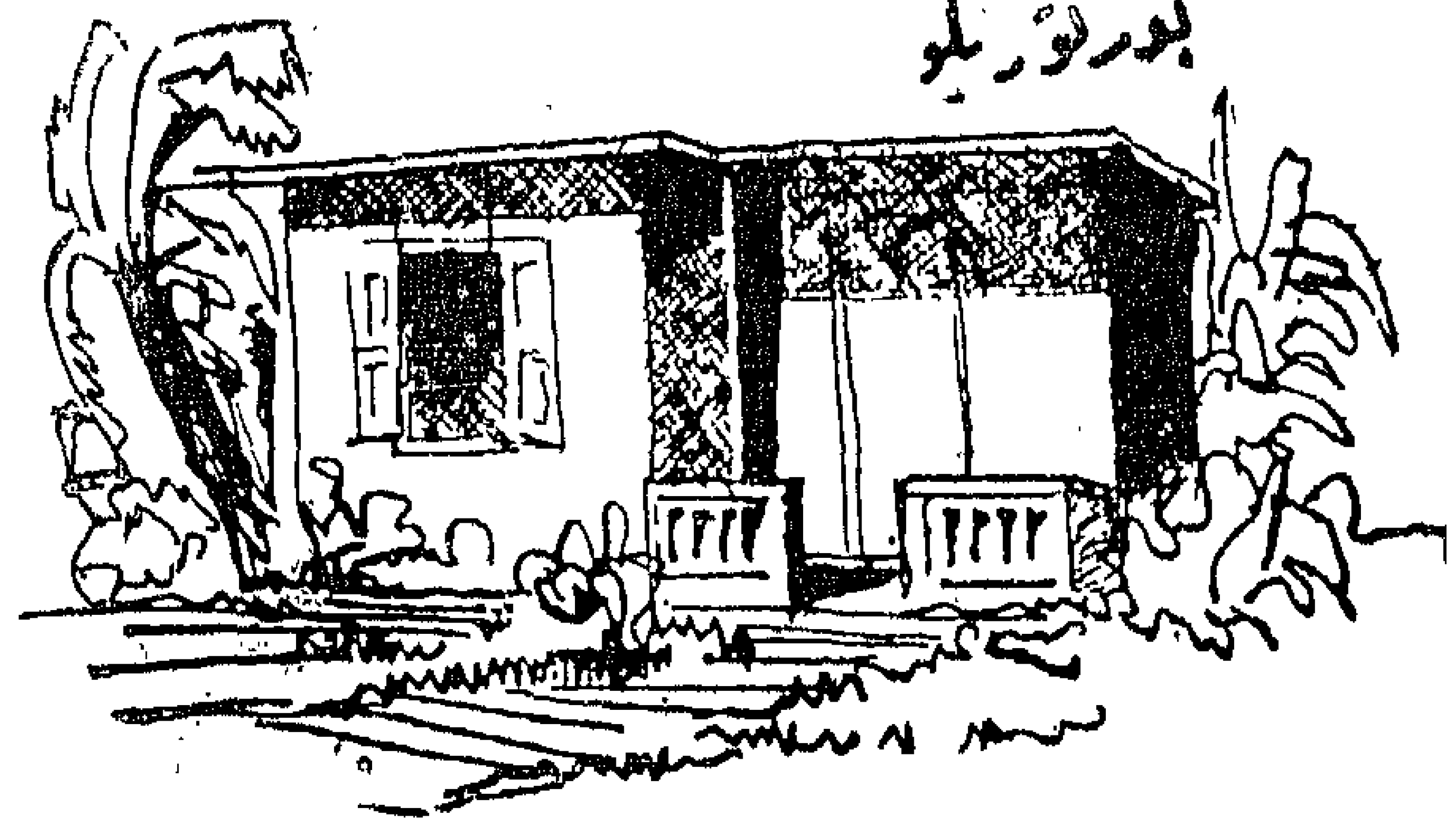


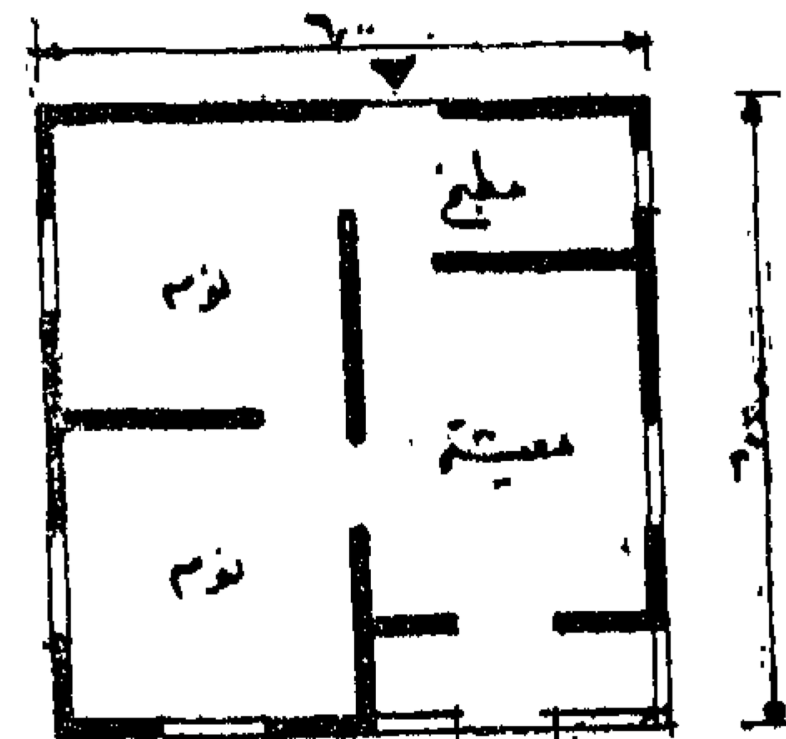
واجهة خلفية



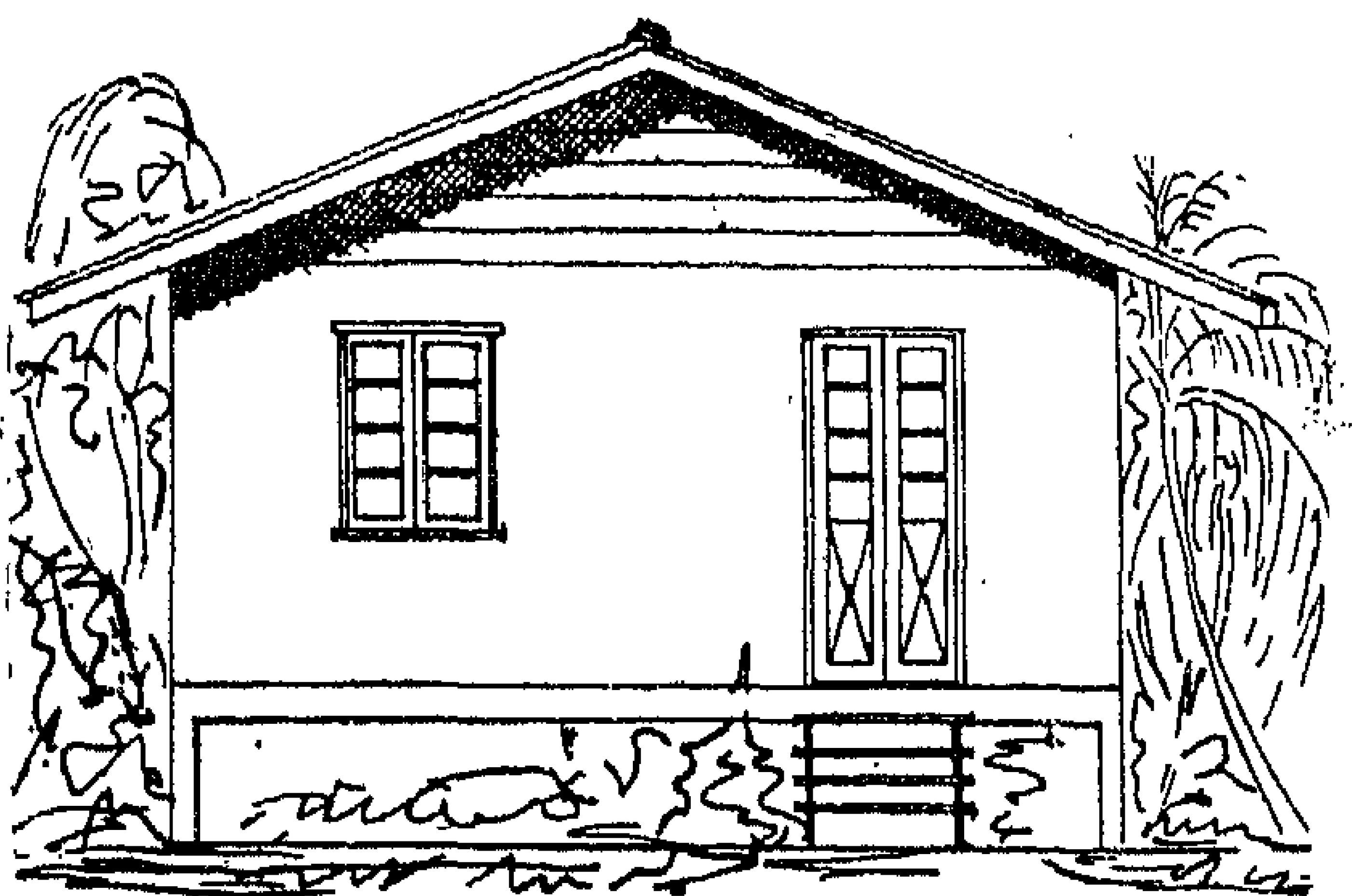
مسقط أفقي

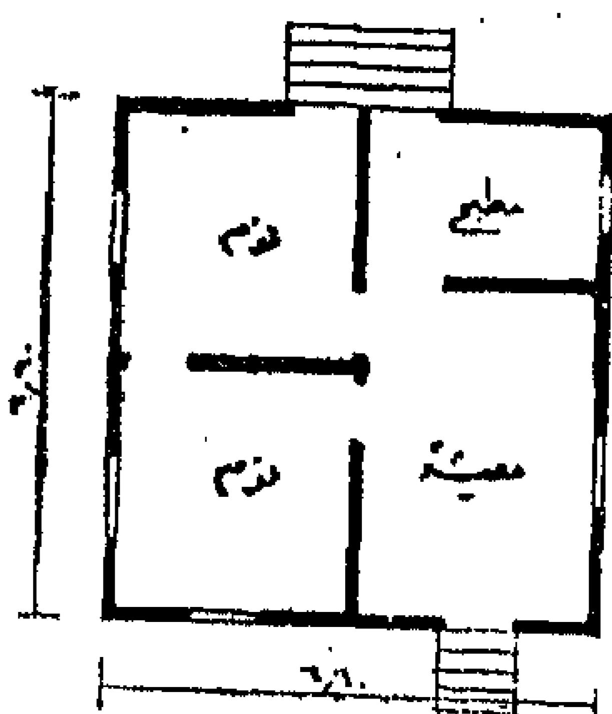
بورتوريكو





مسقط أفقي

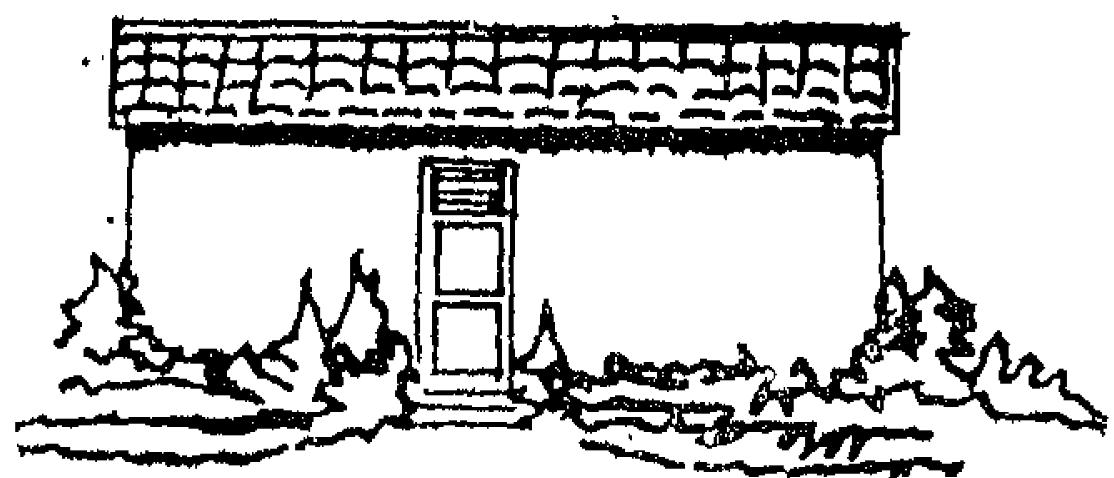




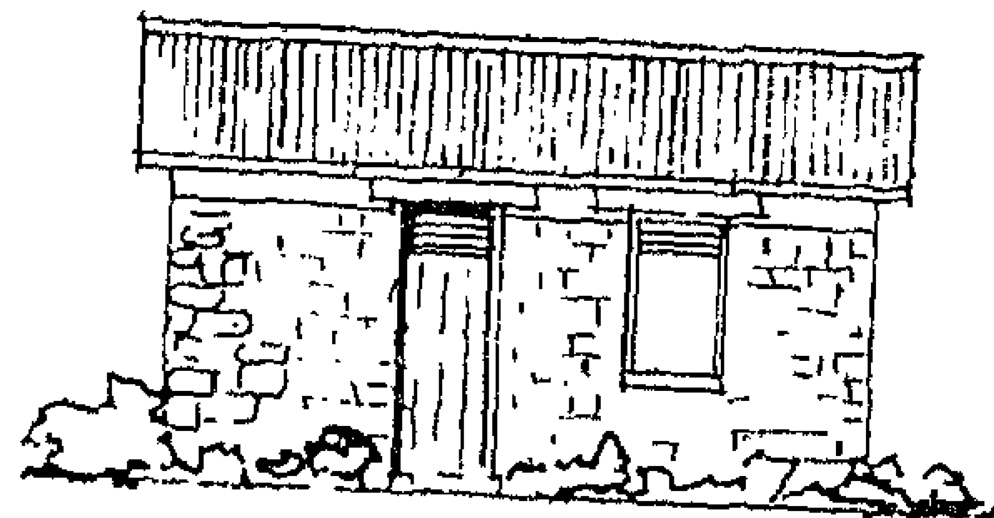
مسقط أفقي



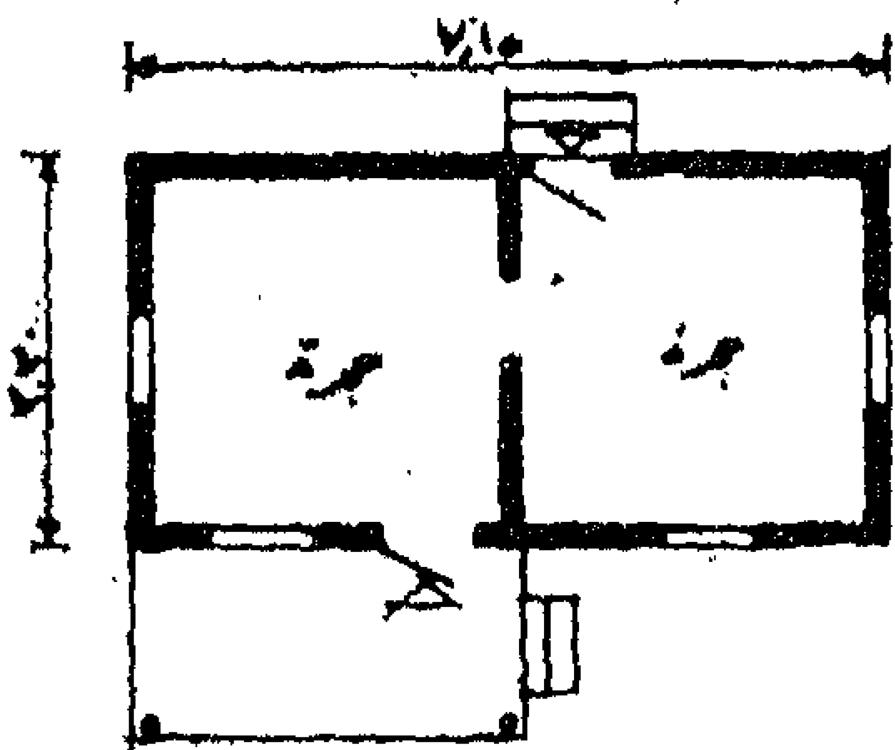




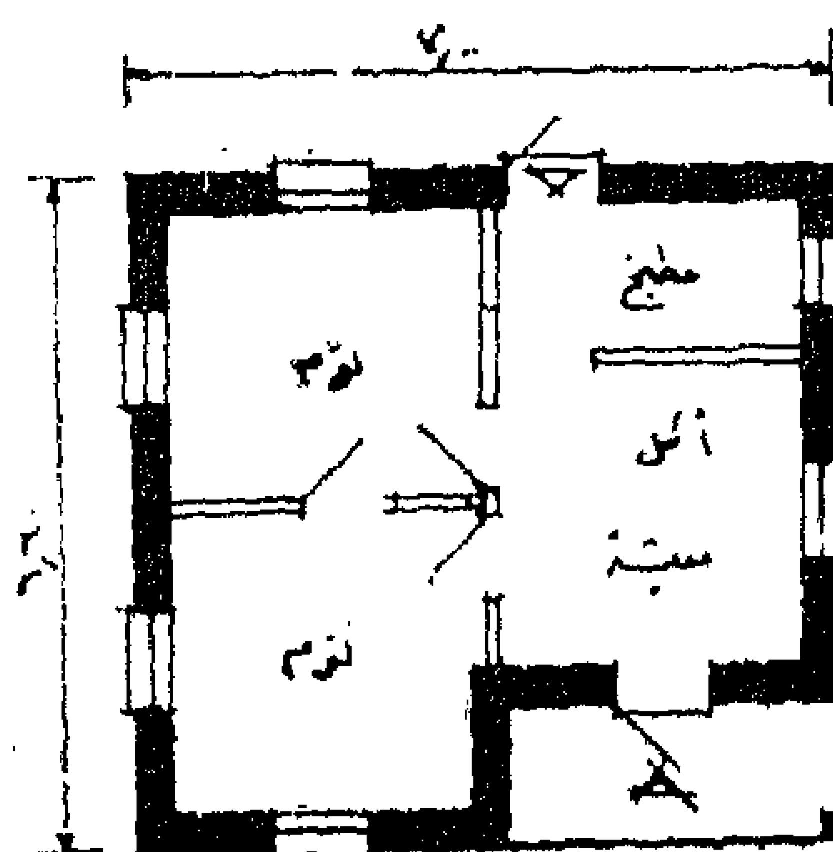
واجهة خلفية



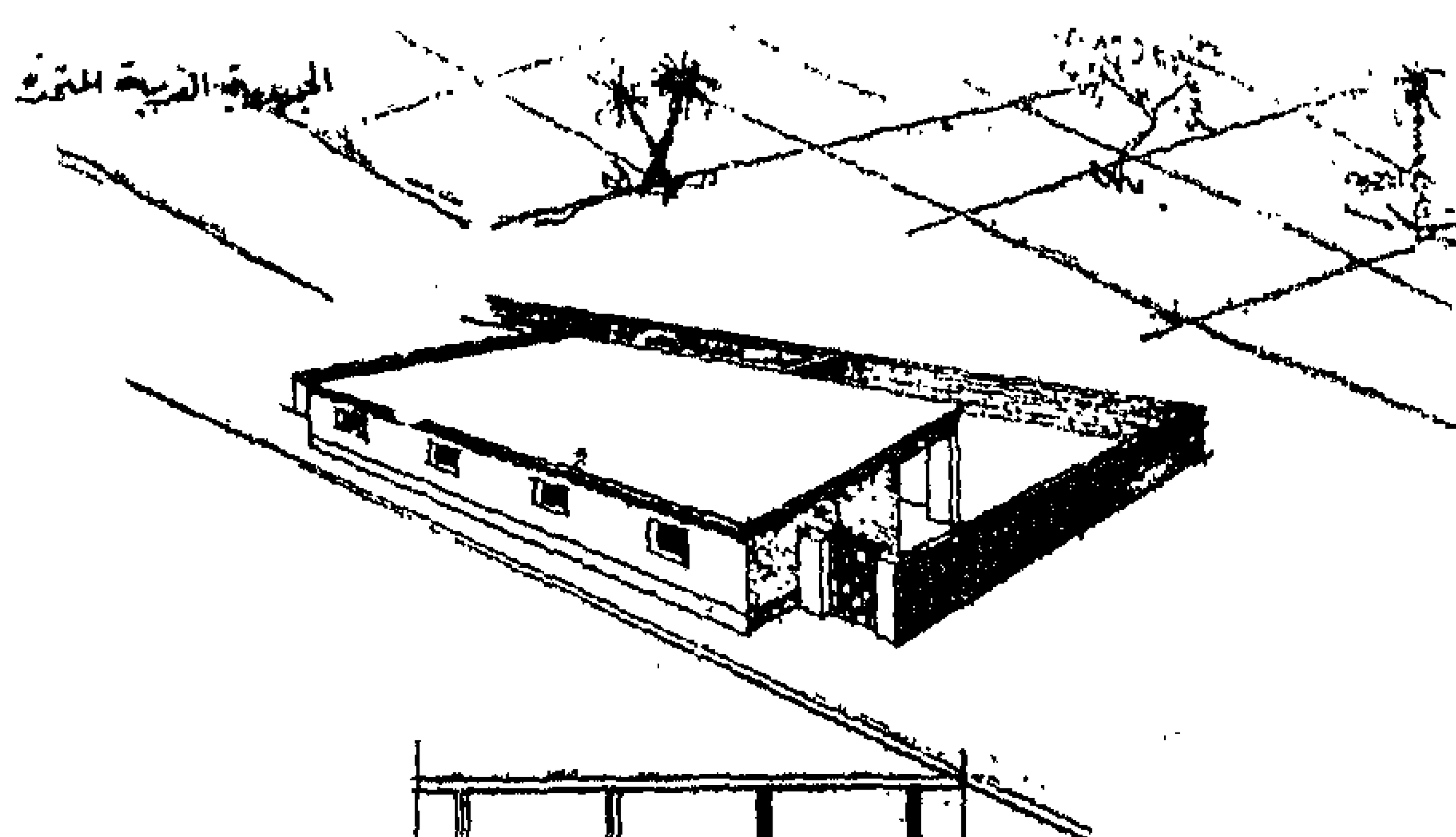
واجهة جانبية

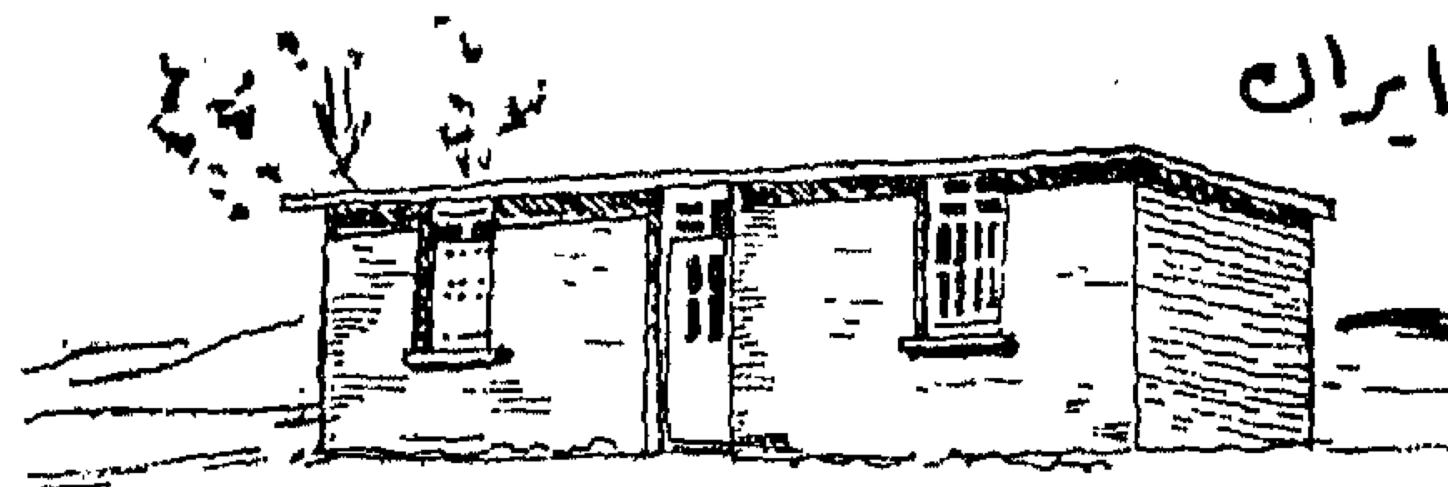


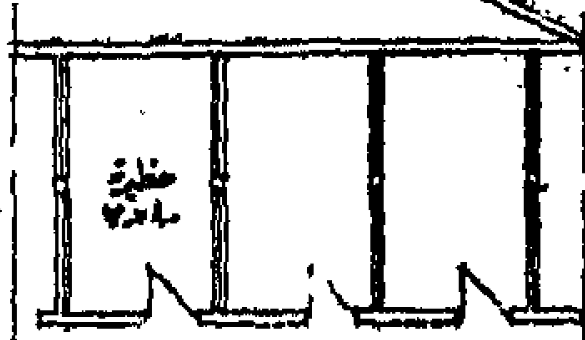
مسقط افقي



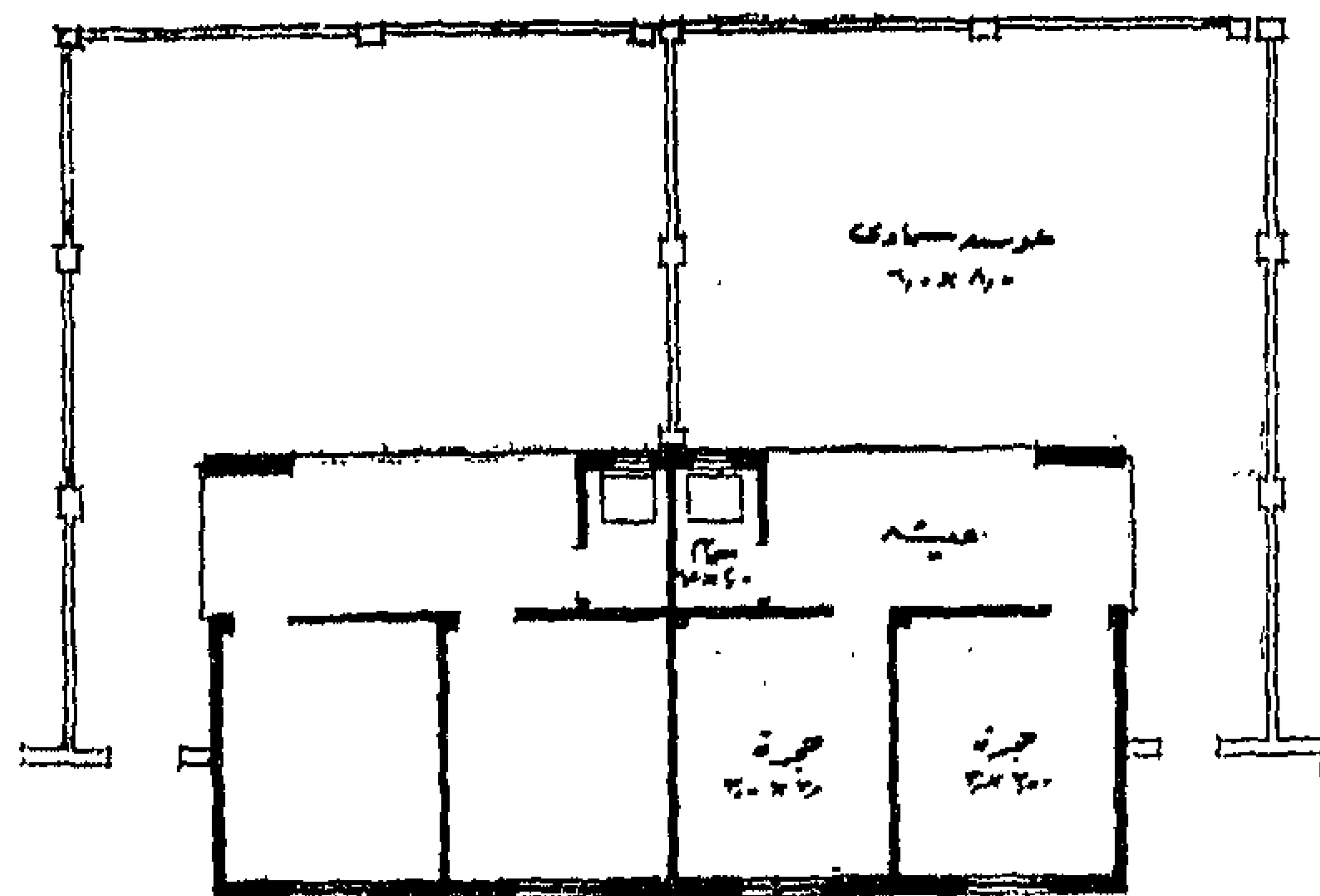
مسقط افقي

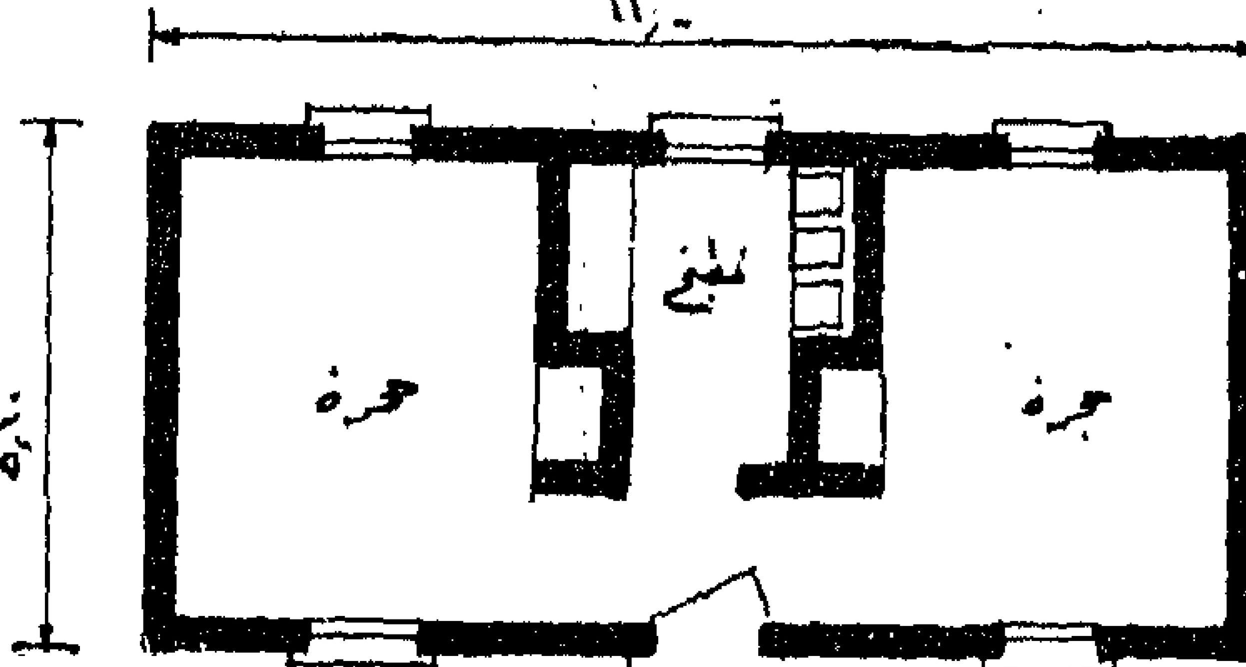






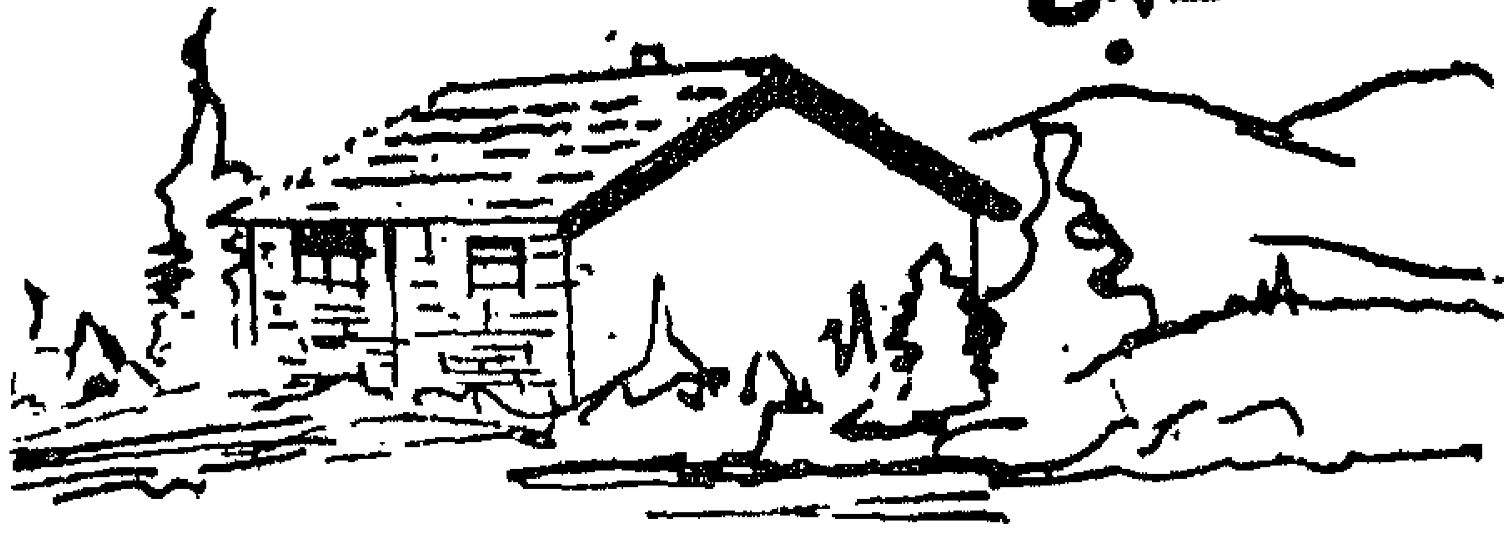


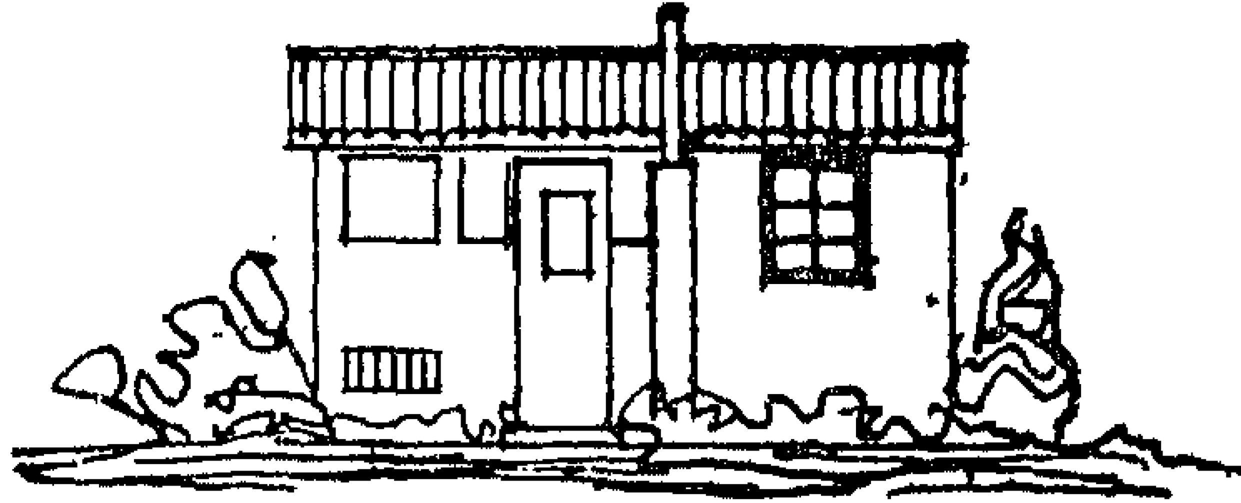


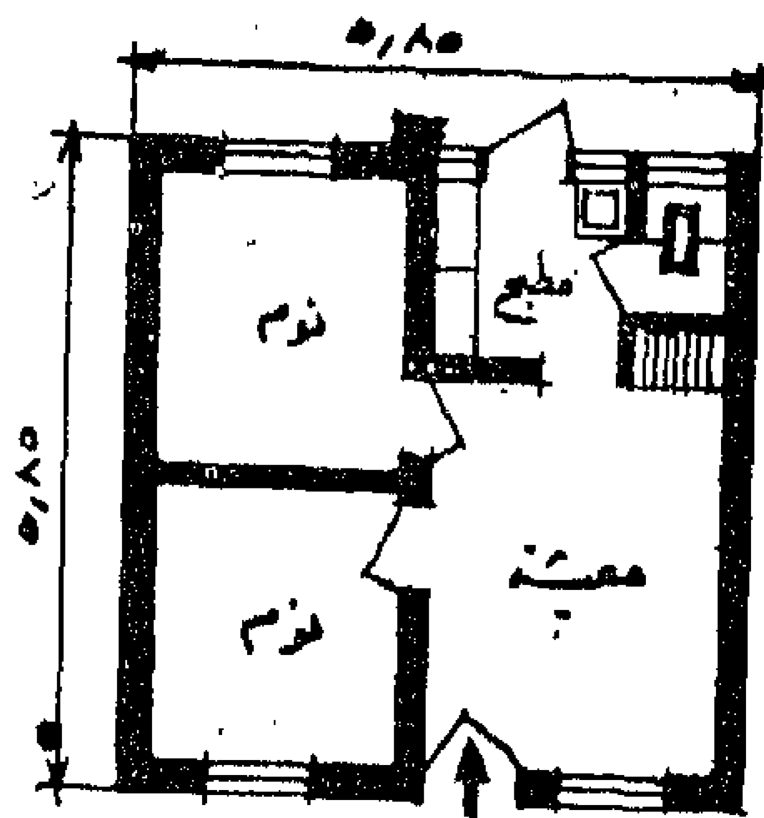


مسقط افقي

الصين

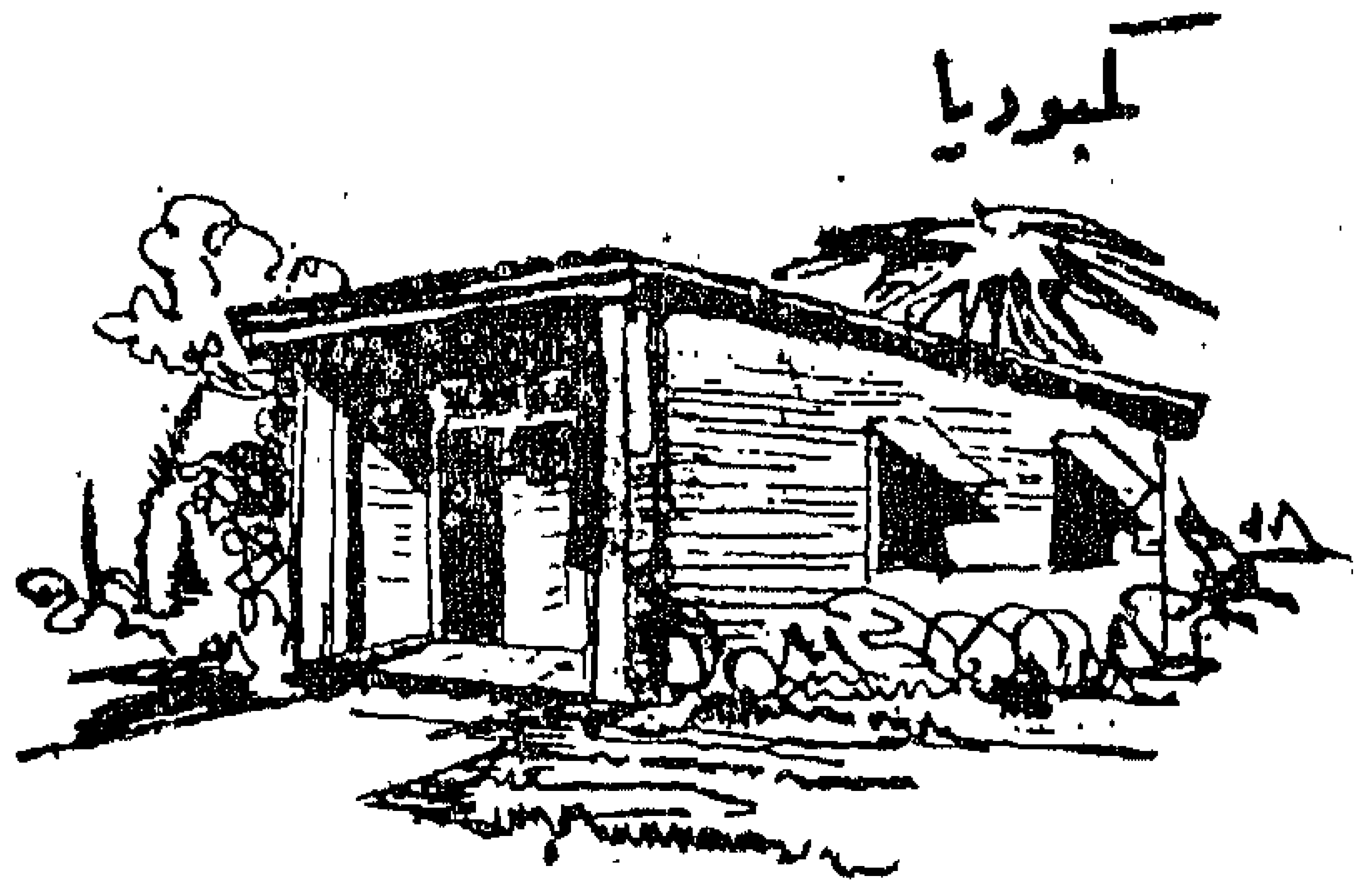


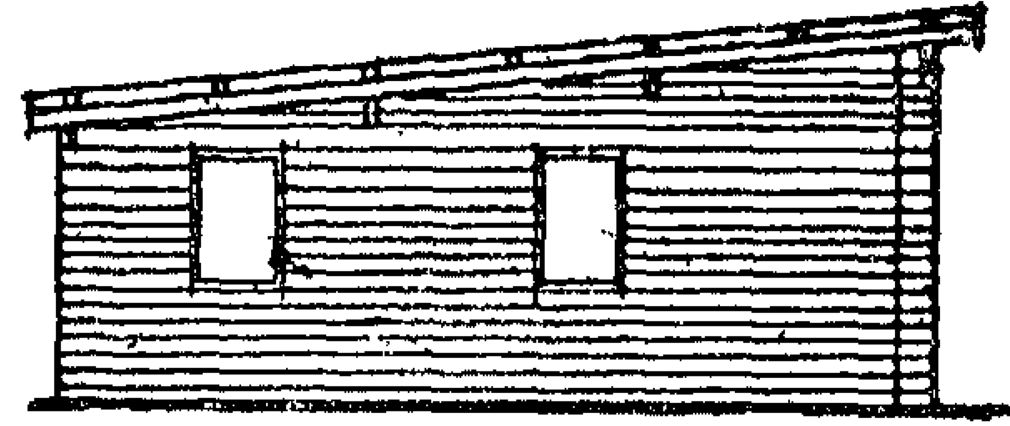




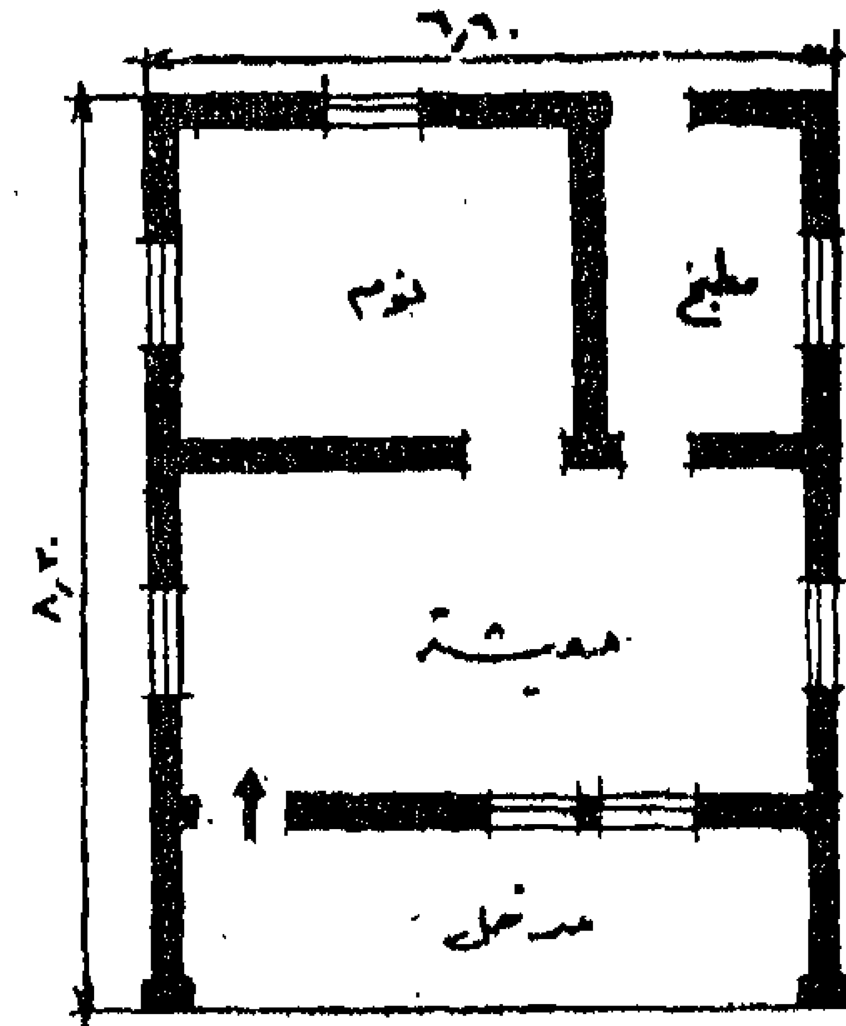
مسقط افقى

كمبوديا



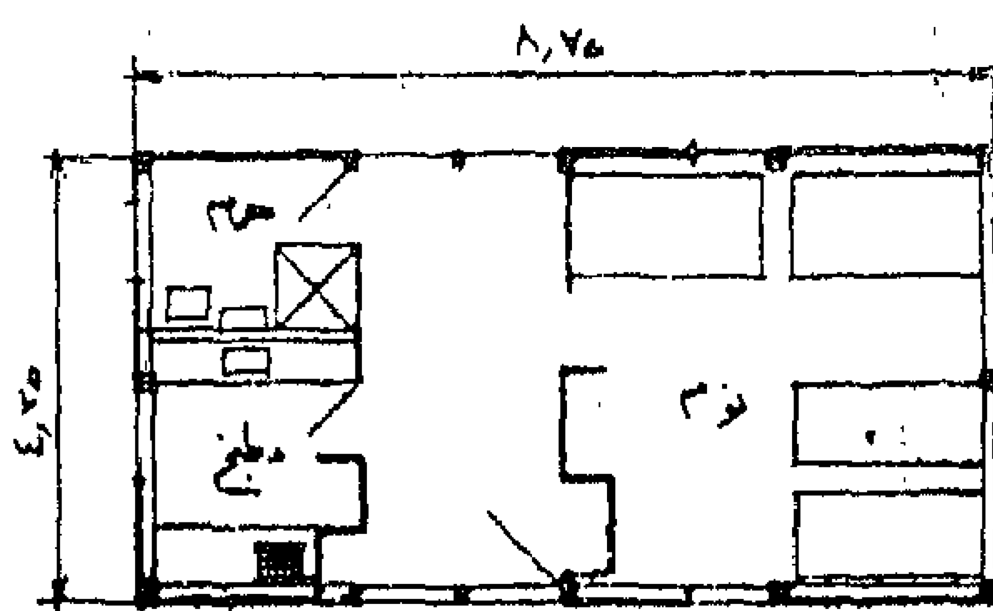


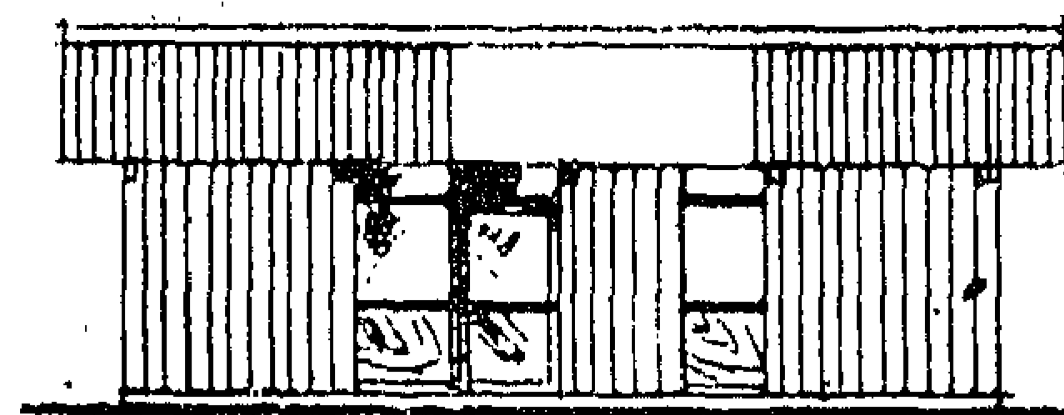
واجهة جانبية



جواتيمالا







مسقط افقى

فى تقدم المشروع والتجمد الذى يحدث بعد ذلك يمكن بسهولة أن ينتج عنه انهيار مبكر وفشل ذريع فى البرنامج جميعه .

الإدارة والتنظيم والإرشاد :

إذا أخذ برنامج الإسكان الذاتى الموجه مكانه المناسب فى إعادة إسكان الملايين من الناس فى هذا العالم والذين يعيشون فى مأوى غير لائق فإن ذلك يجب أن يتم على ضوء نظريات العمليات الواسعة المدى وهذا لا يعنى مطلقاً التقليل من أهمية المشاريع الصغيرة . فهذه لها مكانها المحدد كتجربة رائدة وكخطوة لعمليات ضخمة الحجم بالإضافة إلى أنها تمثل تجربة إعداد معبر ويمكن أن تخدم — فى المبدأ — فى تجنب الأخطاء الخطيرة .

وعموماً فالإسكان الذاتى الموجه الواسع المدى هو الذى يؤكد — بحتمية غير موجودة فى المشاريع الرائدة — أهمية وضرورة الإدارة الملائمة والتنظيم المدروس . إن طريقة الإدارة فى مشاريع الإسكان تستوجب اهتماماً زائداً ولما كانت طبيعة وقواعد البرنامج هى عبارة عن تعاون بين الناس والقائم بالمساعدة فإن ذلك يقتضى أن يثق الناس بأن البرنامج سيدار بفاعلية كافية . ويجب على الناس أن يعرفوا أن البرنامج ليس واقعياً فقط بل إن القائم بالمساعدة ينظم بدرجة تسمح له باخراج المساعدة فى أتم صورة إذا ساهم الناس بدورهم فيما هو مقترح وإذا لم يهيأ القائم بالمشروع بالتنظيم المناسب ليحتمل عبء نصيبه من العمل فهو معرض ولا شك للفشل قبل أن يبدأ ومن الصعب إيقاد شرارة الحماس بين الجماهير مرة أخرى بعد أن تخبو .

ولما كانت الظروف متباينة إلى حد كبير فى الأجزاء المختلفة من العالم فإننا لن نحاول أن نرسم حدود الإدارة والتنظيم المثالى فربما تعذر ذلك . ولكن كل ما حاولناه هنا أن نؤكد بالغ أهميتها .

مساهمة العائلة المنتفعة :

إن قيمة مساهمة العائلات بالعمل هى الحسنة الكبرى لبرامج الإسكان الذاتى الموجه وقد يأخذ هذا العمل أشكالا عدة تبعاً للظروف المحلية فعندما تكون طرق الإنشاء التقليدية سهلة فربما يحيط بمعرفتها جميع المنتفعين . فى حين أنها لو كانت معقدة أو جديدة فسيكون العمل محدوداً لجميع العمال الغير مهرة أو معظمهم .

وعلى كل حال فالحقيقة القائمة أن العمل يجرى أثناء فترات الفراغ العادية وغالباً الفراغ الاضطرارى الناتج عن العمل الموسمى . وتبعاً لهذه الحقيقة وبغض النظر عما يأخذه شكل العمل فإن نتيجته كسب إقتصادى للفرد معاً .

صناعة البناء والإسكان الذاتى الموجه :

أن برامج الأسكان الذاتى الموجه التى تساعد من هم فقراء لدرجة لا تسمح لهم بامتلاك مساكن تبنى لهم بمعرفة غيرهم لا تؤثر على الميزان العادى للامداد بالعمل الإنشائى فى المجتمع .

وفى حالات الطوارىء لا يسبب هذا النوع من الإسكان عادة البطالة أو يقلل من النشاط الإنشائى بغض النظر عن الحالة الاقتصادية للجماعات المشتركة . ولذا فإنه فى أغلب الأمثلة يمتص العمل الإنشائى ممن يعملون فى هذا المضمار إلا أن الأفراد والجماعات المشتغلين فى مجال الإنشاء ربما يشعرون أنه كذلك ولذا فإنه من الأهمية القصوى أن يقدم البرامج بالطريقة التى تحظى باهتمام هؤلاء الذين يكتسبون من أعمال البناء .

الفصل الثانى

مدى ما يحققه مشروع الإسكان الذاتى الموجه من وفر

لعل من أهم الخصائص التى يمتاز بها هذا المشروع هو الوفر الذى يمكن تحقيقه عن طريق عدة عوامل نذكر منها :

— أن استغلال أوقات فراغ المنتفعين وتهيئتهم للقيام بالأعمال الإنشائية يحقق وفراً فى أجور مصنعيات الأعمال أو بضغطها إلى أقصى حد .

وإمكان الاعتماد على المنتفعين فى جمع وتحضير الخامات المتوفرة محلياً أو القيام بصناعات يدوية مبسطة لإنتاجها .

— وقيام المنتفعون أنفسهم بالغاء يوفر الربح الذى يجنيه عادة مقاولو الأعمال الإنشائية .

ولتوضيح ذلك يمكننا أن نستخلص هذه النتائج عملياً من أحد مشاريع الإسكان التى تمت سنة ١٩٦٢ فى منطقة أبيس بمحافظة البحيرة والتى اضطلعت بها هيئة التنمية والتعمير بالبحيرة والفيوم .

يتكون مسكن الفلاح فى هذا المشروع من صالة للمعيشة وحجرتين للنوم وحمام به مرحاض وحوش سماوى وحظيرة منفصلة للمواشى (انظر المسقط الأفقى المرفق) والمساحة المبنية فى المسكن تبلغ — ٣٨م٢ وللحظيرة ٣٢م٢ ومساحة الحوش المكشوف — ٥٠م٢ .

والجدول التالى يوضح المقارنة بين التكاليف فى حالة إنشاء المسكن بمعرفة أحد المقاولين وبين إنشائه بواسطة المنتفعين .

وبمقارنة تكاليف جميع الأعمال وتكاليف مصنعياتها نجد أن نسبة المصنعيات تبلغ حوالى ١٣٪ من قيمة إجمالى تكاليف المسكن فى حين أن النسبة لكل من البنود على حدة تتراوح بين ١٠٪ إلى ١٥٪ . هذا بالإضافة إلى نسبة ربح مقاول الباطن الذى تدخل ضمن فئات بنود المصنعيات ولكننا سنتغاضى عن نسبة هذه الأرباح لتغطى تكاليف ما يمكن أن يحتاجه العمل من عمال فنيين فى المراحل الفنية الصعبة التى لا يستطيع المنتفع العادى القيام بها .

وبالدراسة التفصيلية لعدة مشاريع إنشائية أمكن التوصل إلى وضع نسب لثمن الخامات والمصنعيات واستهلاك العدد والمصاريف الإدارية وربح المقاول هى أقرب ما تكون إلى الحقيقة فى الحالات العادية .

ثمن الخامات (يشمل النقل)	٥٠ ٪
أجور المصنعيات (يشمل ربح مقاول الباطن)	١٣ ٪
استهلاك العدد والآلات	١٠ ٪
مصاريف إدارية	١٠ ٪
أرباح (تتراوح بين ١٠٪ و ٢٠٪)	١٥ ٪
طوارىء	٢ ٪
	١٠٠٪

وباستعراض البنود السابقة نجد أنه فى مشاريع الإسكان الذاتى الموجه يمكن توفير نسبة الأرباح الـ ١٥ ٪ والتى كان ينالها المقاول بالإضافة إلى الـ ١٣ ٪ أجور المصنعيات . كما أنه يمكن تخفيض نسبة ثمن الخامات إذا أجريت دراسة وافية لمصادر الخامات التى يمكن توافرها محلياً وإمكان استغلالها أو تصنيعها فى الموقع بواسطة المنتفعين وبذا يمكن ضغط تكاليف تصنيعها خارج الموقع ومصاريف نقلها إليه وكما سبق أن أوضحنا أنه فى الإمكان أيضاً مساهمة المنتفعين فى جمع وتحضير الخامات المتوفرة محلياً مثل الزلط والرمل والأخشاب الخ .

وبفرض أن النسب الأخرى الباقية ستبقى كما هى . لبلغ مجموع الوفر ٢٨ ٪ على الأقل من قيمة تكاليف المسكن . وذلك فى حالة الإنشاء بالطرق والمواد التقليدية المعروفة إلا أنه فى الإمكان تطوير طرق الإنشاء واستحداث خامات جديدة تحقق وفراً أكثر والمجال يتسع فى هذا المضمار يوماً بعد آخر .

الفصل الثالث

كيف يمكن أن تطبق فكرة الإسكان الذاتى الموجه فى الجمهورية العربية المتحدة

أبانت نتائج تعداد سنة ١٩٦٠ أنه يوجد فى ج.ع.م. ٥ر٢ مليون أسرة مقابل —ر٤ مليون أسرة سنة ١٩٤٧ . وكان منها فى الريف وحدة ٢ر٣ مليون أسرة سنة ١٩٦٠

(المقارنة بين التكاليف)

بيـان الأعمال	الكمية للمنزل الواحد	التكاليف حسب أسعار المقاول: الفئة	التكاليف حسب أسعار المقاول: الجملة	تكاليف المصنعية: الفئة	تكاليف المصنعية: الجملة	مقطوعية الفرد فى اليوم	الزمن الذى يستغرقه بناء المسكن
م٣ — حفر للأساسات	٢٦	٠ر١٠٠	٢ر٦٠٠	٠ر٠٨٠	٢ر٠٨٠	٣ر٠٠٠	٨ر٧٠
م٣ — ردم	٢	٠ر٠٥٠	٠ر١٠٠	٠ر٠٥٠	٠ر١٠٠	٦ر٠٠٠	٠ر٣٠
م٣ — خرسانة عادية للأساسات	١٥	٢ر٤٠٠	٣٦ر٠٠٠	٠ر٣٠٠	٤ر٥٠٠	١ر٤٠	١٠ر٧٠
م٣ — خرسانة مسلحة للأساسات والأسقف				٠ر٨٠٠		٣ر٠٠٠	٥ر٨
شد وفك النجارة رص الحديد رمى الخرسانة	١١ر٦٠٠	١١ر٠٠٠	١٢٧ر٦٠٠	٠ر٣٥٠	١٧ر٤٠٠	٣ر٠٠٠	٣ر٨
م٣ — مبانى بالطوب الأحمر	١٤ر٢٥	٣ر٢٥٠		٠ر٣٥٠		١ر٤	٨ر٢٠
م٢ — مبانى ½ طوبة	٨٠	٠ر٥٠٠	٤٦ر٣٠٠	٠ر٤٠٠	٦ر٤٠٠	١ر٥٠	٩ر٥٠
م٢ — طبقة عازلة			٤٠ر٠٠٠	٠ر٠٧٠	٥ر٦٠٠	١٠ر٠٠٠	٨ر٠٠
للأساسات	٩	٠ر٢٥٠	٢ر٢٥٠	٠ر٠٨٠	٠ر٧٢٠	٣٠ر٠٠٠	٠ر٣٠
م٢ — بياض داخلى وخارجى	٩٠	٠ر١٨٠	١٦ر٢٠٠	٠ر٠٦٠	٥ر٤٠٠	٣٠ر٠٠٠	٣ر٠٠
م٢ — لياسة للأسطح	٧٠	٠ر١٥٠	١٠ر٥٠٠	٠ر٠٥٠	٣ر٥٠٠	٦٠ر٠٠٠	١ر١٠
م٢ — دهان فرشة بالجير	١٩٠	٠ر٠٤٠	٧ر٦٠٠	٠ر٠١٠	١ر٩٠٠	٦٠ر٠٠٠	٣ر١٠
الأعمال الصحية			١ر٦٠٠				
أعمال النجارة			٦٠ر٧٠٠				٦٢ر٥٠
تكاليف جميع الأعمال			٣٥٩ر٤٥٠		٤٧ر٦٠٠	٤٧ر٦٠٠	٨

نسبة تكاليف المصنعية لإجمالى تكاليف المسكن* $= \frac{٤٧ر٦٠٠}{٣٥٩ر٤٥٠} =$ ١٣٪

(*) يتضح من الجدول أن الزمن الذى يستغرقه بناء المسكن بمجهود فرد واحد يبلغ ٦٢ر٥ يوماً فإذا كان متوسط عدد ساعات العمل ثمانية ساعات يومياً فيصبح الوقت اللازم ٥٠٠ ساعة وبتكوين جماعة مكونة من ثلاثين فرداً تعمل يومياً لمدة ثمان ساعات فيكون الوقت الذى يستغرقه بناء المسكن هى ٥٠٠ = ٢ر٠٨ يوماً — ٣٠ × ٨ .

مقابل ٢٫٧ مليون أسرة سنة ١٩٤٧ . ومن ذلك يتبين أن عدد الأسر قد زاد فى الفترة من سنة ١٩٤٧ إلى سنة ١٩٦٠ بنسبة ٢٨٫٨ ٪ أى بمعدل ٢٫١ ٪ سنوياً ومعنى ذلك أننا فى حاجة إلى ٢٫١ ٪ من المساكن سنوياً .

وذلك بالإضافة إلى أن معظم القرى الحالية والتى يبلغ عددها ٤٠٨٠ قرية لا يمكن أن تعتبر بأيه حال من الأحوال صالحة للسكنى سـواء من ناحية التخطيط والتصميم ومن الناحية الصحية والاجتماعية .

ويقتضى الأمر والحالة هذه أن يشرع فوراً فى مشاريع الإسكان ذات الطابع الاقتصادى والواسع المدى مثل الإسكان الذاتى الموجه وبدراسة الموقف فى الريف المصرى نجـد أن المشاريع يجب أن تتناول القرى القديمـة القائمة والقرى الجديدة المستحدثة . هناك من ينادى بإجراء الإصلاحات والتحسينات على القرى القائمة ولـكن هذا الحل ليس بذى نفع كبير فى أغلب القرى لسواء حالتها بدرجة لا يمكن معها تطويرها وسيكون ذلك بمثابة ترقيع ثوب مهلهل . والحل المنطقى أن نشيد قرى جـديدة ملاصقة للقديمة بالاستعانة بمجهود السكان الحاليين للقرى وتطبيق فكرة الإسـكان الذاتى الموجه .

أما القرى المستحدثة فإنه يمكن إنشائها بتطبيق نفس فكرة الإسكان الذاتى الموجه وذلك بالاستعانة بعمال التراحيل على أساس أن يتملـكوها بعد إتمامها .

وأنه لمن حسن الحظ أن يطبق نظام الإدارة المحلية فى الجمهورية العربية المتحدة والذى أثبت وجوده وكيانه خلال تجربة الأعوام القليلة الماضية . وأنه لفى وسع هذا النظام القيام بالـكثير من الأعمال التى لا يمكن لغيره أن يضطلع بها . وفى اعتقادى أن تطبيق فكرة الإسكان الذاتى الموجه بمعرفة السلطات المحلية سيحقق نجاحـاً فائقاً إذا ما أعدت دراسة وافية فى كل محافظة للنواحى الآتية :

أولا : مصادر الخامات التى تتوفر محـلياً والتى يمكن استخدامها فى البناء سواء بحالتها الراهنة أو بتصنيعها إلى خامات بنائية .

ثانياً : حصر مصـادر القوى البشرية المعطلة ودراسة مدى إمكان استغلالها فى البرامج السنوية والفترات الزمنية التى يمكن للمنتفع تكريسهـا لأغراض البناء . وكذا حصر الـكفاءات الفنية المختلفة المتوفرة محلياً والتى يمكن الاستفادة بخبراتها فى إنجاح وتأييد الجهود المبذولة من جانب السلطة المحلية والمجتمع .

ثالثاً : وضع التصميم المناسب للمسكن الذى يتوفر فيه قلة المجهود لصيانته وضغط تكاليف إنشائه إلى أضيق الحدود مع الاحتفاظ بالتصميم الفعال الذى يؤدى الغرض منه والذى يتجاوب مع التقاليد والعادات والرغبات المتبعة فى المناطق المختلفة .

رابعاً : تدريب الفنيين على مختلف مستوياتهم للقيام بدورهم فى الإرشاد والمساعدة فى جميع مراحل المشروع .

خامساً : القيام بنشاط اجتماعى فعال بواسطة لجـان الاتحاد الاشتراكى العربى والهيئات الاجتماعية الأخرى للحث على التعاون مع السلطات المحلية والقيام بعمل إيجابى مشترك مع الطرفين لعلاج المشكلات التى تواجه المجتمع .

سادساً : المصادر للتمويل تساند الحـكومة المركزية والمحليـة فى أعباء القيام بمشاريع الإسكان مثـل الهيئات الصـناعية والجمعيات الخيريـة والنقابات المهنية المختلفة وشركات التأمين .

وعندما تكتمل الدراسة للخـطوط العريضة السابقة المشروع يبدأ فى الدراسة التفصيلية لمرحلة التطبيق .

(*) أجرى إحصاء لمتوسط عدد الأيام التى يعمل فيها الفلاح فى حقله على مدار السنة فبلغ ٢٠٠ يوماً وبذلك يكون متوسط عدد الأيام التى يمكن الاستفادة منها ١٦٥ يوماً فى السنة .

الفصل الرابع

دور المهندس المعمارى فى إنجاح مشاريع الإسكان الذاتى الموجه

يتوقف نجاح مشاريع الإسكان الذاتى الموجه على ثلاث عناصر رئيسية هى :

مصادر التمويل — والتوجيه الاجتماعى — والدراسة الفنية التطبيقية بمعرفة المهندسين والعبء الذى يضطلع به المهندس فى هذه المشاريع ليس بالعمل الهين أو اليسير وإنما هو عمل شاق يتطلب دراية فنية متخصصة وتفهم تام واقتناع بفكرة المشروع وإيمانه به وترجمة هذه الفكرة إلى تصميم يعكس رغبات الناس فى حدود الامكانيات المحلية . والعناصر التى يجب أن تحظى باهتمام المهندس عند دراسته للمشروع هى :

أولا : التصميم

ثانياً : اختيار مواد البناء

ثالثاً : اختيار طرق البناء

أولا — التصميم :

لا تختلف عناصر التصميم الناجح فى مشاريع الإسكان الذاتى الموجه عنها فى أى مشروع إسكانى آخر . فيجب أن يكون إعداده فاعلياً وطريقة إنشائه مبسطة والاستفادة إلى أقصى الحدود من المواد ووقت العامل بالإضافة إلى مراعاة الظروف المحلية والعادات المتأصلة والرغبات المختلفة . كل ذلك مجتمعنا يحقق لنا إلى أبعد حد نجاح التصميم لمسكن تتوفر فيه المتانة وتأدية الغرض فى حدود الإمكانيات المالية المتيسرة وعند دراسة تصميم المسكن يجب التأكد أن التصميم يسمح بالاستفادة القصوى الفعالة من الوقت الذى سيكرسه المنتسبون للعمل فى الانشاءات وإن استقطاع وتقليل كمية العمل الذى يستوجب دراية فنية هى أهم العناصر التى يمكن أن ينتج عنها إقتصاد فى التكاليف الاجمالية للمسكن .

والامثلة المختلفة للتصميمات الموضحة بالصفحات التالية تبين كيف أن المصممين حاولوا أن يحلوا مشاكلهم المعينة . وبعض هـذه التصميمات ربما تبدو وكأنها تفتقر للخيال أو تعكس تأثيرات ليست مناسبة للبيئية المحلية — وبعضها ربما يخلو من احتمال إجراء إضافات أو امتداد أو تتجاهل القواعد المبدئية لظروف المناخ وارتباطها بالتصميم المعمارى . ولكن قبل أن نحكم على هذه التصميمات يجب أن نتذكر أن عادات وتقاليد ورغبات الناس تقف دائماً عقبة كأداء فى سبيـل مبادىء إخراج تصميم ناجح .

ومن الواضح أنه لا يمكن نقل فكرة التصميم بحذافيرها من بلد لآخر أو حتى من منطقة لأخرى سواء من الناحية التصميمية للمسكن أو من حيث شكل التنظيم الاجتماعى بدون تعديلات تلائم الاختلاف فى طرق الإنشاء وتوفر مواد البناء ونوعها وطبيعة الناس وعاداتهم والوقت الذى يستطيع المنتفع تكريسه للعمل .

ثانيا — اختيار مواد البناء :

أن اختيار مواد النباء فى مشاريع الإسكان العادية ليست بالأهمية كما هى مشاريع الإسكان الذاتى الموجه . فطبيعة هذه المشاريع تلزمنا بالتدقيق فى اختيار مواد البناء التى يمكن أن تحقق وفراً من ناحية التكاليف والتشغيل والوقت .

وقد يجد المهندس نفسـه فى بعض الأحيان مضطراً لاستخدام مواد معينة تتوفر محلياً ويصعب عليه أن يستحيل الحصـول على غيرها وفى أحيان أخرى تتعدد وتتنوع أمامه الخامات المختلفة حتى أنه يجد صعوبة فى اختيار المواد التى يرغب فى استعمالها .

وتفضيلنا لمادة عن أخرى يجب أن يكون مبنياً على إمكان توفر هذه الخامة محلياً بأسعار معقولة ومدى فاعلية استخدامها من حيث قوتها وخواصها وطريقة استعمالها .

ومن واجبنا أن نستعرض جميـع الخامات وإلا تنبذ الخامات التقليدية القديمة فربما باستعمال وسائل فنية مستحدثة لتثبيت التربة بالبيتومين أو الأسمنت مثلا أو معالجة الأخشاب

كيائياً يمكننا أن نستعمل الخامات التقليدية فى شكل متطور .

وفكرة الإسكان الذاتى الموجه يمكن أن تذهب إلى أبعد الحدود إذا أخذ المهندس فى اعتباره إمكان تخفيض نفقات مواد البناء بالاعتماد على الأهالى مجمع وتحضير خامات محلية لاستعمالها فى البناء مثل الأحجار والرمل والزلط والأخشاب الخ. أو يمكن تصنيع الخامات بطرق مبسطة مثل صناعة الطوب بمختلف أنواعه أو يمكن صب بلاطات خرسانية مسلحة يمكن استخدامها للأسقف . وهذه بعض النواحى التى يتسع فيها الابتكار وممارسة الحياة الإيجابية فى المجتمعات الريفية ومن ناحية أخرى قد يجد المصمم أنه بشراء الخامات تجارياً ربما يحقق إنتاجاً أفضل بالرغم من زيادة التكاليف . والموازنة الواقعية فى التكاليف وجودة العمل يجب أن يكون لها الاعتبار الأول فى الاختيار ويجب على المصمم أيضاً أن ينظم استعمال مواد البناء لما لذلك من أهمية كبرى للحد من المهالك فى الخامات وكسباً للوقت والجهد .

ثالثاً — اختيار طرق البناء :

تتنوع طرق الإنشاء بتنوع خامات البناء فكلما تتعدد المواد للبنائية تتباين طرق الإنشاء كذلك ويتسع المجال للمهندس فى هذا المضمار أن يطلق لخياله العنان فى ابتكار وسائل جديدة فعالة لطرق الإنشاء ليتحقق فيها عنصر بساطة الإنشاء وسرعة العمل واستخدام الخامات المتوفرة محلياً مع جودة الإنتاج .

وتعتمد الطرق المختلفة للانشاء إلى حد كبير على الظروف المحلية ومقدرة الناس على القيام بهذه الطرق فربما نجد أن الناس فى منطقة ما ليست لهم دراية فنية بأى طريقة من طرق الإنشاء يقتضى الحال أن نبتكر طريقة غاية فى البساطة والبدائية ليمكن أن يمارسها هؤلاء فى حين أننا نجد فى بعض المجتمعات حيث تنتشر الثقافة والمعرفة نسبياً أن لديهم خبرة بواحد أو بأكثر من طرق الإنشاء أو أن لديهم المقدرة استيعاب على طرق جديدة للانشاء .

ونعود فنكرر أن اختيار طريقة البناء وتبسيطها إلى أقصى حد ممكن عامل كبير فى نجاح التطبيق العملى للمشروع .

وأخيراً وبعد أن استعرضنا وسيلة من وسائل النهوض بالإسكان لا يفوتنى أن أقدم تقديرى لفكرة عقد مؤتمر للدول الأفريقية والآسيوية لما يتيحه مثل هذا الاجتماع لإيجاد الحلول المختلفة وتبادلها بين الدول للرفع من شأن شعوبها وتحقيق النهوض الاقتصادى والاجتماعى للدول وأتمنى للمؤتمر التوفيق فى أداء مهمته الجليلة التى يقدرها ولا شك كل فرد .

حول سياسة ثابتة للتعمير في القرية

للدكتور المهندس علي بسيوني

من الطبيعي أن تكون مشكلة تعمير القرى من أهم المشاكل التي يجب إعطاؤها عناية خاصة في الوقت الحاضر فهناك ١٤ مليوناً يعيشون في وسط تنعدم فيهم مظاهر المدنية في أبسط صورها من بيت نظيف به الاحتياجات الضرورية لراحة الإنسان .

وبالطبع هذه الاحتياجات الضرورية تختلف في تقديرنا لها حسب الإمكانيات والمستوى المطلوب لنقل الفلاح إليه فالفارق كبير بين احتياجات الفلاح في أمريكا وإيطاليا مثلا وعلينا أن نكون حريصين في هذا التقدير حتى يمكننا خدمة أكبر عدد ممكن من الشعب وبالتالي الحصول على أكبر إنتاج من جراء تحسين أحوال معيشته .

والسياسة التي سلكناها في تعمير القرى حتى الآن تعتبر ناجحة في حد ذاتها فقد أعطيت فكرة صحيحة عن الاحتياجات الضرورية للفلاح في مختلف المناطق والتكاليف الخاصة بذلك ولكن ثبت أنه من الصعب الاعتماد على نفس السياسة في تعمير القطر المصري كله .

فقد أتمت حتى الآن الهيئات الثلاث المختصة بهذا الموضوع وهي :

١ — الإصلاح الزراعي .

٢ — الهيئة المصرية الأمريكية لإصلاح الريف .

٣ — مديرية التحرير .

ما يقرب من ٧٠٠٠ منزل للفلاح في مدة خمس سنين تقريباً ، وإذا علمنا أن المطلوب إنجازه يقرب من مليون بيت لسكان من المستحيل تطبيق نفس السياسة في عمل نظام ثابت للوصول إلى هذا العدد الهائل بدون تضحيات كبيرة غير ممكنة من حيث الأيدي العاملة والتكاليف .

فالمنزل المكون من حجرة معيشة بها فرن وحجرتان للنوم وحظيرة للمواشي مع حوش صغير كانت تكاليفه حوالي ٣٠٠ جنيه في المتوسط — فيكون المطلوب حوالي ٣٠٠ مليون جنيه لتنفيذ المليون منزل المطلوبة .

والسعر الحالي يعتبر منخفض نوعاً بالنسبة لأسعار المباني المصنوعة بنفس الطريقة ونفس المواد ، فالمساحة الكلية للبيت تبلغ ٦٠ متر فيكون سعر المتر حوالي ٥ جنيه ، وهذا يعتبر حد أدنى لسعر المباني بهذه الطريقة (سقف من الخرسانة ومباني من الطوب) .

وبما أن المستوى الذي وصلنا إليه لبيت الفلاح لا يمكن خفضه بالنسبة لاحتياجاته فيجب علينا أن نفكر في وجود حلول جديدة أخرى تعتمد على أسس جديدة في البناء للحصول على سعر أقل وسرعة التنفيذ بدون إرهاق ميزانية الدولة وأول ما يخطر لنا أنه ثابت أن الفلاح يبني سنوياً حوالي ٥٠ ألف منزل أي أن هناك قوة هائلة يجب استغلالها وتوجيهها توجيهاً صحيحاً حتى يكون هذا الإنتاج الضخم مؤدياً للغرض .

ويوحي ذلك بتطبيق طريقة Castor وهي الطريقة المسماة نسبة للحيوان المعروف بهذا الإسم في المناطق الثلجية ومشهور ببناء مسكنه بواسطة مجموعات صغيرة منه .

وهذه الطريقة تعتمد على سكان القرية أنفسهم في بناء مساكنهم مع قليل من التمرين والنصائح الفنية التي تساعدهم على تحسين طريقة البناء — وقد نجحت هذه الطريقة في

السويد أولا ثم كندا وانجلترا وألمانيا وروسيا ثم فرنسا حيث شاهدت أمثلة كثيرة نتيجة تطبيق هذه الطريقة فى جنوب فرنسا دلت على مدى النجاح الكبير بأقل تكاليف ممكنة للمبانى المنفذة بها .

وكان الوقت الذى يستغرقه بناء البيت الواحد حوالى ستمائة ساعة فبعملية حسابية بسيطة على أساس وقت الفراغ فى يوم الفلاح العادى وهو أربع ساعات تقريباً نجد أنه من الممكن نظرياً لشخص واحد بناء البيت فى حوالى خمسة أشهر تقريباً وعلى هذا يمكن لفرقة مكونة من ثلاثين شخصاً بناء ثلاثين بيتاً فى مدة خمسة أشهر .

وعلينا أن نبحث فى الطرق التى بواسطتها يمكن تبسيط عملية البناء بحيث تناسب الفلاح عندنا حيث يمكن استغلال هذه القوة الهائلة من الأيدى العاملة فى بناء قرى المستقبل على ضوء النقط التالية :

(ا) الانتفاع بالمواد المحلية فى كل منطقة وتحويلها إلى مواد البناء سهلة الاستعمال .

(ب) عمل أبحاث على طريقة بناء بدائية كالتى يستعملها الفلاح لا تتطلب مهارة خاصة .

(ج) التبسيط فى المساقط الأفقية بحيث تتمشى مع بساطة البناء ودراسة امتدادها مستقبلاً .

(د) عدم إهمال الطابع المحلى لكل منطقة حتى لا نحس بالملل من تكرار نموذج واحد من القرى عندنا .

وعندئذ بقليل من الدعاية يمكننا اقناع أكبر عدد من الفلاحين بوجوب تحسين طريق معيشتهم وبناء بيوت لهم وتنظيم هذا العمل بتقسيمهم إلى وحدات لكل وحدة رئيس عنده من الخبرة ما يساعد على سرعة سير العمل .

وفيما يلى شرح النقط السابق ذكرها :

والانتفاع بالمواد المحلية فى كل منطقة وتحويلها إلى مواد بناء سهلة الاستعمال لقد عملت أبحاث كثيرة فى هذه النواحى وكانت النقط الهامة فى الدراسة هى :

(ا) تكاليف مواد البناء .

(ب) قوة التحميل والمتانة .

(ج) مدى الاحتياج إلى الصيانة العامة .

وقد أعطت الدراسة نتائج نعرض منها الآتى :

١ — تثبيت التربة بوضع نسب قليلة من الجير عليها وقد قام معهد أبحاث البناء بدراسة هذا الموضوع ووصل إلى النتائج التالية :

(ا) الجير مادة ضعيفة التماسك مع الطين ويصعب توزيعها فى الطين إلا إذا كان فى حالة جافة تماماً .

(ب) الجير مادة لا تساعد على عدم التحليل بالمياه .

ولهذا استبعد عمل طوب مثبت بالجير .

٢ — تثبيت التربة بخلطها بالمازوت أو الدباتول وقد قام معهد أبحاث البناء بدراسة هذا الموضوع ووجدت عدة مشاكل من ناحية صعوبة الاستعمال لعدم توفر آلات الكبس والخلط الميكانيكى فى الريف .

٣ — تثبيت التربة بخلطها بنسب قليلة من الأسمنت .

وقد قام معهد أبحاث البناء بدراسة هـذا الموضوع وأجريت تجارب فى عمل أبحاث التربة بكلية الهندسة جامعة القاهرة وقد أعطت نتائج نلخصها فيما يلى :

عملت خلطتين كانت الأولى بها أسمنت بنسبة ٩٪ من الوزن الجاف للتربة والثانية بنسبة ٤½ ٪ من الوزن الجاف للتربة وكان جهد الكسر للقوالب كما هو مبين فى الجدول التالى :

نسبة الأسمنت ٩ ٪ ٤½ ٪

جهد الكسر بعد أسبوع ٦٦٫٢ كجم / سم٢ ٤٦½ كجم/سم٢

جهد الكسر بعد أسبوع وبعد غمره فى المياه لمدة ٢٤ ساعة ٥٩½ كجم / سم٢ ٢٢٫٣ كجم / سم٢ بعد مضى ٢٨ يوم ٨٥ كجم / سم٢

وعلى ضوء هذه التجارب قررت اللجنة التى كانت قائمة بالبحث بأن يشكل الطوب بقوالب يدوية وأن تكون نسبة الأسمنت حوالى ٩٪ وكانت الكثافة للمخلوط حوالى ١٫٧ طن/م٣ ، ويجب تدريب العمال الزراعيين على طريقة خلط الأسمنت بالتربة على الناشف وطريقة الكبس بالمدقة الحديد وكذلك على نشر الطوب على الوجهين حتى يحصل على الصلابة المطلوبة .

وكانت تكاليف الألف طوبة هى :

	مليم جنيه
ثمن المتر المكعب تراب	٠٫١٥٠
مصنعية ضرب الطوب / م٣	٠٫٥٠٠
أسمنت ١٥٠ كجم	٠٫٩٠٠
الجملة	١٫٥٥٠

وهذه الكمية تعطى حوالى ٤٠٠ طوبة وعلى ذلك تكون تكاليف الـ ١٠٠٠ طوبة هى

$$\frac{١٫٥٥٠ \times ١٠٠٠}{٤٠٠} = ٣٫٨٧٥ \text{ ج م}$$

ويلاحظ أن هذا السعر مرتفع بالنسبة للطوب العادى حيث أن الألف تصل إلى مكان العمل بحوالى ٤ر جنيه .

وبالطبع فى حالة استعماله على نطاق واسع ممكن حذف مصنعية العمال على أساس أن الفلاحين سيقومون ببناء مساكنهم ، وعلى ذلك يصل السعر إلى ٣٫٥٧٥ ج م .

وعلى العموم هذا النوع من الطوب لا يغير كثيراً فى طريقة البناء الحالية وسيحتاج إلى سقف من الخرسانة صعب التنفيذ بالوسائل البدائية .

وفى المناطق الصحراوية والتى يتوفر فيها التربة لايمكن استعماله لصعوبة النقل وخلافه وعلى ذلك قمت ببحث إمكان استعمال المواد العضوية الخفيفة وتثبيتها بنسبة قليلة من الأسمنت وبعض المواد الكيماوية لتفى بالغرض ، وفيما يلى نتيجة هذا البحث .

٤ — عمل وحدات من مواد عضوية كحطب القطن ومصاصة القصب وغيرها ، تخلط بنسبة من الأسمنت والمادة الكيماوية المثبتة بحيث يعطى المخلوط بعد تجفيفه قوة احتمال كبيرة فى الشد والضغط وعزل الحرارة والصوت وتكون فى نفس الوقت قابلة للاحتراق وتشكل هذه الوحدات بحيث تستعمل فى الحوائط والأسقف وبطـرق مختلفة تناسب الاستعمالات الكثيرة التى تتطلبها أعمال البناء .

وهذه المادة الكيماوية وقد عمل عليها أبحاث فى الخارج على المواد المختلفة عندنا من الزراعة وقد أعطت النتائج الآتية :

المادة	الوزن السنوى	عزم الإنارة	ملاحظات
قش الأرز	٠٫٥٤٨	٤٫٨ كجم/سم٢	جيدة التماسك
حطب القطن	٠٫٥٧١	٤٫٩ كجم/سم٢	جيدة التماسك
مصاص القصب	٠٫٥١٨	٩٫٨ كجم/سم٢	جيدة التماسك

(ب) عمل أبحاث عن طريق بناء بدائية كالتى يستعملها الفلاح :

من الطبيعى عند استنباط مادة جديدة يجب أن تكون طريقة استعمالها سهلة بحيث يمكن للفلاح بشىء من التمرين أن تقوم بها بدون أن تتطلب مهارة خاصة ، كذلك لاتضطره باستعمال شدات لا يستعملها بعد إنهاء العمل فى مسكنه ولو أنه يمكن فى أحوال كثيرة التعاون على ثمن الشدة الخشبية واستعمالها فى أكثر من مسكن ولكن يفضل بالطبع أن تكون طريقة البناء سهلة لا يستعمل فيها إلا العمال الزراعيين ، وقد جرت عادة الفلاحين على الاستعانة بالفنيين مثل النجار عند الانتهاء من بناء مسكن — وفى العادة يكون النجار من النوع الذى يقوم باصلاح السواقى والأدوات الزراعية وعلى هـذا الأساس تكون الأبواب والشبابيك المصنوعة بسيطة أغلبها يجمع بطريقة بدائية .

وبالطبع عند إدخال الكهرباء والمياه والمجارى لكل مسكن سيكون من الطبيعى الاستعانة بكهربائى وعامل صحى

ولكن المشكلة تنحصر الآن فى عمل منزل على تخطيط سليم يناسب الحياة التى يعيشها الفلاح الآن مع عمل الاحتياجات الضرورية من ناحية الصحة والأمن .

وعلى ذلك كلما كبرت الوحدات الخاصة بالبناء وخفت فى الوزن كان من السهل استعمالها وعمل الرباط اللازم لتقويتها ، وهذا الاتجاه يجعلنا نصل إلى عمل وحدات من المواد العضوية الخفيفة التى يمكن تثبيتها بالأسمنت والمادة الكيماوية والتى فى نفس الوقت يمكن قطعها بالمنشار أو البلطة إذا احتاج الأمر .

ومع عمل التوازن فى التكاليف يمكن الوصول إلى حلول رخيصة لا ترهق الميزانية وفى آخر هذا البحث مرفق مقارنة لتكاليف البناء بالطريقة العادية (خرسانه وطوب) والطريقة المقترحة .

(جـ) التبسيط فى المساقط الأفقية بحيث تمشى مع بساطة البناء :

من الواضح أنه إذا كان المسقط الأفقى مبسطاً فى تخطيطه كان من السهل توقيعه وفهمه بالنسبة للفلاح . بالطبع سيحتاج الأمر لعمل نماذج مصغرة لبيت الفلاح المناسب للمنطقة بحيث يمكن للشخص العادى فهمه .

وبطبيعة الحالى كلما زاد التبسيط فى المساقط كلما قلت مشاكل التنفيذ . والمشكلة الرئيسية هى تنفيذ الأسقف وكل ما كان بحر التسقيف صغيراً قلت صعوبة التنفيذ . وعلى هذا فيمكننا الوصول إلى مسقط أفقى يكون فيه البحر يتراوح بين ٢ ونصف إلى ٣ متر وتبين المساقط الأفقية لنموذج رقم ٤ هذا الاتجاه .

(د) عدم إهمال الطابع المحلى لكل منطقة .

يتأثر الطابع المحلى لمنطقة عن أخرى بالمؤثرات الآتية :

١ — طبيعة التربة والمواد المتوفرة بالمنطقة .

٢ — المناخ .

٣ — التقاليد .

وعندنا مناطق كثيرة تختلف فيها هذه العناصر اختلافاً كبيراً فمثلا منطقة النوبة وأسوان تختلف فيها طبيعة التربة والمناخ والتقاليد عن منطقة شمال الدلتا . وسيحتاج الأمر إلى عمل دراسة من واقع الطبيعة واستخلاص العناصر الحقيقية التى سنستند إليها فى احترام الطابع المحلى لكل منطقة .

وفى أثناء عملى بالهيئة المصرية الأمريكية لإصلاح الريف قمت بعدة محاولات لمسكن الفلاح فى القرى الحديثة التى أنشأتها الهيئة فى أبيس بجوار بحيرة المنزلة وفى منطقة قونه بجوار الفيوم .

وأغلب هذه المحاولات من دور واحد حيث أن المشرفين الاجتماعيين فى هذا الوقت لم يشجعوا الساكن من دورين على أساس رغبة الفلاح فى أن ينام قريباً من الزريبة ليشعر بكل حركة تحدث بها ، ولو أن احتمال سرقة الماشية الآن أصبح قليلا إلا أن هذا الاعتقاد ما زال يؤثر كثيراً على التصميمات الخاصة بمسكن الفلاح .

وهناك بعض حلول يكون فيها امتداد المسكن فى حالة زيادة حجرات النوم فى الدور الأول ولكنها ليست شائعة فى التصميمات المعمول بها حتى الآن .

وكان المهم أيضاً فى هذه الحلول أن تكون المساحة المبنية أقل ما يمكن أى فى حدود ٥٠ متر تقريباً .

وقد قسمت هذه المساحة إلى ثلاث مناطق :

١ — منطقة المعيشة والفرن .

٢ — منطقة النوم .

٣ — نوم الحيوان (الزريبة) .

ويتوسط هذه المناطق حوش سماوى للتهوية وللاستعمال اليومى وهذا البحث يعطينا فكرة مبدئية عن المشاكل التى تواجه تعمير القرى عندنا وقد حان الوقت لتجميع الجهود حتى نصل إلى حلول تمكننا من القضاء على أكبر مشكلة تواجهنا فى الوقت الحاضر .

تقرير

عن طريقة البناء باستعمال وحدات ديريزول

مقدمة :

تتخلص هذه الطريقة باستعمال قوالب تعد بالمصنع تركب من مواد عضوية كحطب القطن ومصاصة القصب وغيرها تخلط بنسبة من الأسمنت والمادة الكيماوية المثبتة بحيث يعطى المخلوط بعد تجفيفه قوة احتمال كبيرة فى الشد والضغط وعزل للحرارة والصوت وتكون فى نفس الوقت غير قابلة للاحتراق .

وتشكل هذه القوالب بحيث تستعمل فى الحائط والأسقف وبطرق مختلفة تناسب الاستعمال الكثيرة التى تتطلبها أعمال البناء .

وقد قامت شركة دوريزل بتجربة إنتاج هذه القوالب فى الجهورية العربية المتحدة وقامت بأبحاث لاختبار المواد المحلية التى يمكن أن تدخل فى تركيب هذه القوالب وفيما يلى بعض النتائج لهذه الأبحاث :

المادة	الوزن النوعى	عزم الانحناء جم/سم٢	ملاحظة
قش الأرز	٠ر٥٤٨	٨ر٤٠	حيدة التماسك
حطب القطن	٠ر٥٧١	٩ر٤	جيدة التماسك
مصاصة القصب	٠ر٥١٨	٩ر٨	جيدة التماسك

طريقة الاستعمال :

(ا) الحوائط :

تصنع القوالب الخاصة بالحوائط بأسماك تتراوح من ١٥ سم إلى ٣٠ سم بحيث عند تجمعها تكون فراغات رأسية تملأ بالخرسانة مع وضع تسليح خفيف فى الأركان والأطراف كما هو مبين بالشكل .

وتكون الحوائط فى هذه الحالة بمثابة حوائط حاملة جيدة التماسك سريعة التنفيذ تأخذ ضغوطاً عالية هذا فضلا عن مقاومتها للحريق وعزلها الجيد للحرارة والصوت .

والبيانات التالية تعطينا فكرة عن هذه المميزات :

سمك الحائط ١٥ سم ٢٠ سم ٢٥ سم ٣٠ سم

الاحتمال المسموح فى المتر الطولى ٥ر٧ طن/م ٩ر١٤ طن/م ٨ر٢٦ طن/م٢ ٦ر٤١ طن/م

معامل التوصيل الحرارى ك ١٣ر١ ٩٣ر٠ ٨٢ر٠ ٧٩ر٠

عزل الصوت د ٤٢ ٥٢ ٥٤ ٥٢

(ب) الأسقف:

تستعمل وحدات مفرغة مشابهة لسقف خلاط مصنوع من نفس المواد السابقة ولكن بأطوال كبيرة بحيث توفر كثيراً فى الشدة الخشبية وتسهل التنفيذ بقدر كبير .

التكاليف :

من السهل بالطبع أن تكون تكاليف البناء بهذه الطريقة فى حدود ميزانيتنا من ناحية المواد والاقتصاد .

وقد قام المكتب بعمل مقارنة بين تكاليف البناء لمبنى من ثلاثة أدوار بالطريقة القديمة (خرسانة مسلحة وحشو طوب) والطريقة الجديدة « ديريزول » فجاءت النتائج بها وفر يتراوح بين ٥ ، ١٠٪ — هذا فضلا عن المميزات الآتية :

١ — سرعة التنفيذ .

٢ — نقص وزن البناء إلى النصف تقريباً مما يوفر فى تكاليف الهيكل والأساسات .

٣ — المميزات الهائلة فى عزل الحرارة والصوت .

وقدرت تكاليف صنع القوالب على الآتى :

يتكون المتر المكعب من الديرزول كالآتى :

مليم جنيه

١٦ر٠ طن من حطب القطن بسعر ١٦٠ر٠

٢٣٥ر٠ طن أسمنت بسعر ٦٢٥ر١

كيماويات بسعر ٠٨٠ر٠

المجموع ٨٦٥ر١

ويضاف إلى ذلك :

	مليم جنيه
تكاليف تحضير الحطب	٢٣٠ر٠
عمال	٠٢٨ر٠
ميـاه	٠٠٥ر٠
كهرباء	٠٨٤ر٠
المجموع	٤٣٧ر٠

فيكون مجموع تكاليف المتر المكعب من المخلوط =

م ج م ج م ج
٨٦٥ر١ + ٤٣٧ر٠ — ٣٠٢ر٢

والجدول التالى يبين تكاليف المتر المسطح من القوالب للأسماك المختلفة للحوائط على أساس تكاليف المتر المكعب من المخلوط السابق ذكره .

	سمك ١٥سم مليم جنيه	سمك ٢٠سم مليم جنيه	سمك ٢٥سم مليم جنيه	سمك ٣٠سم مليم جنيه
تكاليف القوالب المفرغة :				
المتر المسطح يحتوى على م٣ من المخلوط	٠٧٥ر٠	١٠٠ر٠	١٢٠ر٠	١٣٠ر٠
سعر المخلوط فى المتر المسطح على أساس ٣٠٢ر٢ج للمتر المكعب	١٧٣ر٠	٢٣٠ر٠	٢٧٦ر٠	٢٩٩ر٠
عمال على أساس ٣ر٢ ساعة للمتر المكعب وسعر العامل ٧٠ مليم فى الساعة	٠١٧ر٠	٠٢٢ر٠	٠٢٧ر٠	٠٢٩ر٠
المجمـوع	١٩٠ر٠	٢٥٢ر٠	٣٠٣ر٠	٣٢٨ر٠
احتمال الكسر فى القوالب بنسبة ٤ ٪	٠٠٨ر٠	٠١٠ر٠	٠١٢ر٠	٠١٣ر٠
المجمـوع	١٩٨ر٠	٢٩٢ر٠	٣١٥ر٠	٣٤١ر٠
يضاف ٥٠ ٪ للاستهلاك والأرباح	٠٩٩ر٠	١٣١ر٠	١٥٧ر٠	١٧٠ر٠
فيكون سعر المصنع للمتر المسطح حوالى	٣٠٠ر٠	٤٠٠ر٠	٤٥٠ر٠	٥٠٠ر٠
تكاليف البناء تضاف كالآتى :				
نقل القوالب	٠٣٠ر٠	٠٤٠ر٠	٠٤٥ر٠	٠٥٢ر٠
عمـــال	١٧٠ر٠	١٧٠ر٠	١٧٠ر٠	١٧٠ر٠
خرسانة لزوم المتر المسطح على أساس ٥٠٠ر٢ج للمتر	١٨٨ر٠	٢٥٠ر٠	٣٢٥ر٠	٤٢٥ر٠
تسليح للمتر المسطح على أساس ٠٠٠ر٧٠ج للطن	٠٢١ر٠	٠٢١ر٠	٠٢١ر٠	٠٢١ر٠
المجمـوع الكلى	٤٠٩ر٠	٤٨١ر٠	٥٥١ر٠	٦٦٨ر٠
فيكون تكاليف بناء المتر المسطح للحوائط كالآتى :				
تكاليف القوالب	٣٠٠ر٠	٤٠٠ر٠	٤٥٠ر٠	٥٠٠ر٠
تكاليف المصنعية	٤٠٩ر٠	٤٨١ر٠	٥٥١ر٠	٦٦٨ر٠
المجمـوع	٧٠٩ر٠	٨٨١ر٠	٠٠١ر١	١٦٨ر١
أى حوالى	٧٥٠ر٠	٩٠٠ر٠	٠٠٠ر١	٠٢٠ر١

وعلى أساس هذه الأسعار درست المقارنة السالفة الذكر لمبنى مكون من ثلاثة أدوار .

وفيما يلى طريقة المقارنة :

الطريقة القديمة	الطريقة الجديدة
هيكل خرسانى وطرب حديد	حوائط ديريزول سمك ٢٠ سم محمل عليها سقف خرسانة .
مكعب خرسانة الأسقف	٨٣٫٠ م٣ مكعب خرسانة الأسقف ٨٣٫٠ م ٣ .
مكعب خرسانة الأعمدة والكمرات	٤٧٫٠ م٣ مجموع مسطح الحوائط ١٠٧٧٫٠ م٣
أعتاب	٩٫٠ م٣
	١٣٩٫٠ م٣

الحوائط :

مجموع مسطح الحوائط ١٠٧٧٫٠ م٢

فتكون التكاليف كالآتى على أساس المتر المكعب من الخرسانة المسلحة يتكلف حوالى ١٠ جنيه و ٢٠ مليم .

والقواطيع سمك ١٢ سم طوب حوالى ٥٥ مليما .

الطريقة القديمة :

الخرسانة ١٣٩ × ١٠٫٢٠ = ٥٤١٧٫٨٠٠ جنيه

الطوب ١٠٧٧ × ٠٫٥٥ = ٥٩٢٫٣٥٠ جنيه

المجموع ٢٠١٠٫١٥٠

الطريقة الجديدة :

الخرسانة ٨٣ × ١٠٫٢٠ = ٨٤٦٫٦٠٠

حوائط الديريزول سمك ٢٠ سم ١٠٧٧ × ٠٫٩٠ = ٩٦٩٫٣٠٠

١٨١٥٫٩٠

فيكون الوفر حوالى ١٩٥ أى حوالى ١٠ ٪ .

فأدخلنا فى الاعتبارات الميزات التى تتوافر فى البناء بالديريزول وأهمها :

١ — السرعة فى إنجاز البناء .

٢ — عزل الحرارة والبرودة ومقاومتها للرطوبة ورداءتها فى توصيل الصوت وقوة احتمالها وعدم قابليتها للاحتراق وعدم تأثير الديريزول بالرطوبة والحرارة والسخونة .

٣ — خفة وزن الطوبة ومكان تشكيلها فى المصنع ، وكذلك إمكان تقطيعها فى الموقع بالمنشار .

فإنه يتضح أن البناء بطريقة الديريزول يتميز فى عدد من النواحى عن البناء بالطريقة العادية علاوة على أنه سوف يكون عاملا أساسياً فى تطوير البناء عندما يقل الطمى الذى يستخدم فى صناعة الطوب .

تطور القرية المصرية والبيت الريفي

المهندس محمد كامل زيتون
" صلاح الدين محمد زكي الدين
" محمد صلاح الدين حجاب

مقدمة :

نشأت القرية المصرية بفعل الحاجة إلى تجمع سكنى حول مصادر المياه فى الوادى وفى الدلتا ، ثم بدأت تنمو على خطة مدروسة . . تنمو فى عدد سكانها وكذلك فى عدد وحداتها السكنية . . فى الوقت الذى ثبتت فيه فى أكثر الأحوال حدود الكتلة السكنية بها ، وهكذا زادت نسبة الاكتظاظ زيادة كبيرة تسبب عنها ما وصلت إليه القريه من انخفاض فى مستوى الدخل والمعيشة .

والبيت الريفى — وحدة القرية — ظل كما هو من حيث وحداته التخطيطية والبنائية لم يتطور التطور الطبيعى للحياة لأن الظروف المحيطة بساكنية لم تتطور هى الأخرى التطور الطبيعى وحكم جموده المستوى المنخفض لمعيشة سكان الريف وعدم الثقة بينهم وبين الحكام السابقين مما جعل نظرتهم دائماً إلى التطور نظرة شك ممزوجة بالحرص على القديم فى مجتمع امتدت حياته ثمانية آلاف السنين فامتاز بالقدم والاستمرار مع عدم الميل إلى التطور .

ولقد ظهرت منذ العشرات الأولى فى هذا القرن بعض المحاولات لإصلاح القرية ظهر منها أن الإصلاح الاقتصادى بارتفاع مستوى الدخل للفلاح هو الأساس لارتفاع مستوى معيشته مما سيؤدى بالتالى إلى تغير مظاهر حياته مبتدئاً بمسكنه . .

وتبلورت أخيراً هذه المحاولات بعد الثورة فى قوانين الإصلاح الزراعى التى كان آخرها قوانين يوليو الاشتراكية . . مما سيسير بالفلاح ومسكنه وبالقرية كلها خطوات مطمئنة واثقة إلى الأمام .

البيت الريفى التقليدى :

البيت الريفى التقليدى فى صورته الغالبة بناه الفلاح بطريقته البدائية ليلائم وظائفه المعيشة متفقاً مع تقاليده الموروثة ، يأوى إليه مع ماشيته التى تمثل الجزء الأكبر من رأس ماله . . بناه بهذه الطريقة البدائية من المواد التى يجدها قريبة منه دون معالجة تذكر لها . . .

نجد أن هذا البيت يتكون من الأقسام الرئيسية الثلاثة الآتية :

١ — قسم السكن والخدمة :

يتكون عادة من حجرة أو أكثر (المندرة والقاعة والمقعد) أمامها حوش صغير يستعمل فى جميع الأعمال اليومية بالمسكن من طبخ وغسل — كما يوجد به مكان لتربية الدواجن ويوجد فى أغلب الأحيان فرنان واحد بالحوش والآخر فى إحدى الغرف حيث يستعمل فى تدفئة الحجرة ويستغل ظهره كمصطبة للنوم فوقه مدة الشتاء ، وهذه الغرف تشترك فى صغر فتحاتها الخارجية التى تكاد تكون معدومة فى الوجه القبلى حيث تكون الفتحات الرئيسية على الحوش .

٢ — قسم الحظيرة :

وهو القسم الخاص بالمواشى وغالباً يكون بعيداً عن الحوائط لحمايته — والحظيرة دائماً مغطاة وبها مذود يوضع فيه طعام المواشى ونجد قريباً من الحظيرة الثانية حيث يقوم الفلاح بتخزين التبن وعلف المواشى بعد تجفيفه فوق سطح المسكن أو فى الحوش ، وشعور الفلاح بالخوف الدائم على المواشى جعل هذا الجزء أقرب ما يكون للجزء السكنى .

٣ — قسم التخزين :

طبيعة نظام حياة الفلاح أملت عليه ضرورة خزن المواد الغذائية الكافية له من كل محصول كما أنه يقوم أيضاً بتخزين مخلفات الزراعة بعد تجفيفها لاستعمالها كوقود ولهذه نراه دائماً يقتطع جزءاً من الحوش أو من السطح لوضع صوامع القمح التى يبنيها من الطين الممزوج بالتبن كما يستعمل الغرف أيضاً فى تخزين المواد الغذائية وفى الواقع أن مخازن الوقود التى تتحول بحكم تجاورها فوق الأسطح إلى مخزن كبير للوقود الجاف فوق القرية كلها قابل للاشتعال فى أى لحظة تستحق الدراسة والعناية لدرء أخطار الحريق التى تسببت فى كثير من الكوارث .

والإصلاح الجذرى للقرية مبتدئاً بالبيت الريفى الذى يمثل وحدتها ليس يسير للحالة العامة التى وصل إليها هذا البيت خاصة إذا علمنا أن عدد القرى المصرية يبلغ ٤٢٤٥ قرية خلاف مايتبعها من عزب ونجوع تبلغ حوالى عشرين ألف عزبة ونجع .

وقد قامت وزارة الشئون الاجتماعية (مصلحة الفلاح) فى عام ١٩٥٣ بعمل بحث إحصائى فى أربع قرى هى سنجرج (مركز منوف) الرابعمائه (مركز منيا القمح) ترسا (مركز طوخ — نجع القارة (مركز أدفو) ويتضح أن نتائج هذه الدراسة تعطى صورة قريبة من واقع القرية المصرية قبل الثورة وتتخلص نتائج هذه الدراسة فى الآتى :

* كثافة السكان ١٩٥ فرد للفدان الواحد .

* متوسط عدد السكان لكل منزل ٥٫٠٨ فرد .

* متوسط عدد الأفراد لكل غرفة ٢٫٠٢ فرد .

* مساحة الشوارع والميادين بالنسبة إلى مساحة القرية ١٤٫٩١ ٪ .

صورة تحليلية للبيت الريفى

المساحة :

٣٠٪ من مجموع المنازل أقل من ٥٠م٢

٤٤٫٣٪ من ٥٠ إلى ١٠٠ م٢

١٥٫٤٪ من ١٠٠ إلى ١٥٠ م٢

١٠٫٣٪ أكثر من ١٥٠ م٢

عدد الأدوار :

٦٤٫٥٪ من المنازل مكون من دور واحد

٣٥٪ مكون من دورين (والدور العلوى غالباً من غرفة واحدة

٤٫٠٠٪ مكون من ثلاث أدوار

١٫٠٠٪ مكون من أكثر من ثلاثة أدوار .

عدد الغرف فى المنازل :

٠ر١٢٪ من المنازل مكون من غرفة واحدة
٠ر٣٧٪ « « « غرفتين
٠ر٢٥٪ « « « ثلاثة غرف
٠ر١٥٪ « « « أربعة غرف
٣ر٨ ٪ « « « خمسة غرف
٣ر٤ ٪ « « « ستة غرف
٣ر٨ ٪ « « « أكثر من ستة غرف

مواد البناء :

الحوائط : ٩ر٨٧٪ من المنازل حوائطها بالطوب الأخضر
٩ر٠ ٪ « « « « الأحمر
٢ر٦ ٪ « « « بوص ولياسة
٠ر٥ ٪ « « « مواد أخرى

الأسقف :

٠ر٦ ٪ بدون سقف
٣ر٦ ٪ من جذع النخل
٧ر٥ ٪ من عروق خشبية وألواح
٨٨ر٣٪ من عروق (جزع شجرة) وسدة ولياسة

المرافق الضرورية للمنزل :

٣ر٤ ٪ من مجموع المنازل بها حمام
٤ر٤ ٪ « « « « مطبخ
٣٧ر٥ ٪ « « « « مرحاض

كما يظهر لنا بصورة واضحة أن الأرضيات بالبيت الريفى تكون غالباً دهاكة ترابية .

وفى الصفحات التالية بعض نماذج من البيوت الريفية بالقرية المصرية تمثل إلى حد كبير صورة البيت الريفى التقليدى .

خطوات إصلاح البيت الريفى :

كانت المحاولات الأولى تهدف إلى رفع مستوى دخل الفلاح بتوسعة الرقعة الزراعية فى المحاولات متكررة استتبعت معها عمليات تهجير لإسكان منتفعين جدد وتطورت هذه المحاولات كما ذكر فى المقدمة إلى قوانين الإصلاح الزراعى التى وزعت الأراضى على العاملين بها ، وهكذا نشأت فى كثير من الأحيان تجمعات سكنية جديدة كانت فرصة لإيجاد بعض الحلول للبيت الريفى فى صورة جديدة كاملة .

وكان لما أصاب بعض القرى من كوارث كاكتساح حشدة النمل الأبيض لها وتهدم معظم منازلها ، أو التهام بعض القرى بسبب الحريق ، كان كل ذلك سبباً لإعادة تخطيط هذه القرى وبنائها بصورة جديدة من وحدات جديدة وعلى ذلك يمكن تلخيص خطوات إصلاح البيت الريفى على النحو التالى :

أولا : مساكن بنيت نتيجة كوارث حلت ببعض القرى القديمة كالنمل الأبيض (نجع الحاجز) أو كالحريق (صهرجت الصغرى) .

ثانياً : مساكن بنيت فى تجمعات جديدة نتيجة عمليات إسكان فى أراض زراعية استجدت أو وزعت ، ولإسكان العمال الزراعيين .

أولا — مساكن القرى المنكوبة :

من الأمثلة الواضحة ماحدث فى قرية نجع الحاجز مركز المنيا — محافظة المنيا — وكانت تتكون من ٩١ منزلا أغلبها من دور واحد يسكنها ٥٨١ نسمة يكونون ٩٢ أسرة ، حتى ظهرت بها الحشرة القارضة (النمل الأبيض) سنة ١٩٥٥ وتوغلت حتى أتت على كل النجع سنة ١٩٥٦ حيث أن هذه الحشرة تتغذى على المواد العضوية — خاصة السيليلوز — فتسببت فى تلف العروق الخشبية والألواح وجذوع النخل المستعمل فى أسقف المنازل وأعتاب الفتحات مما أدى إلى انهيارها ، هذا بخلاف التهام الحشرة للتبن والساس المستعمل فى الطوب الأخضر بالحوائط .

وقامت الإدارة العامة للتخطيط والإسكان بدراسة حالة القرية ورؤى عدم جدوى إصلاح المنازل المنهارة

وضرورة نقل القرية من موقعها السابق فى الجبل إلى موقع بعيد بجوار جسر طراد النيل خوفاً من انتقال الحشرة إلى المواقع الجديد .

وتم تنفيذ القرية الجديدة من ١٢٧ مسكن من أربعة نماذج مختلفة .

نموذج ١ — ونفذ منه ٤٠ منزلا يتكون من حجرة واحدة ودورة مياه وفرن وحظيرة للمواشى ومسطحه ٩٠م٢ وقد بلغت تكاليفه ٢٨٨ جنيه و٢٠٤ مليماً .

نموذج ٢ — نفذ منه ٢٤ منزلا ويتكون من حجرتين ودورة مياه وفرن وحظيرة للمواشى ومسطحه ٩٠م٢ وقد بلغت تكاليفه ٢٧٩ جنيهاً و٢٨٥ مليماً .

نموذج ٣ — نفذ منه ١٨ منزلا ويماثل النموذج السابق مع اختلاف أبعاد للغرف وبلغت تكاليفه ٢٨٠ جنيهاً و٢٩٥ مليما .

نموذج ٤ — نفذ منه ٤٥ منزلا ويتكون من غرفتين ودورة مياه وحظيرة للمواشى ومسطحه ١٣٥م٢ وبلغت تكاليفه ٣١٩ جنيهاً و٤٢٣ مليماً .

ولقرب هذه المنطقة من الجبل بنيت الحوائط من الدبش — وعملت الأسقف من الخرسانة المسلحة ، ودهنت النجارة بالكيريوزدت لحمايتها من حشرة النمل الأبيض .

وقد وزعت منازل القرية الجديدة على أهالى القرية المنكوبة نظير قسط تمليك يتراوح بين ١٢ جنيه و١٦ جنيه سنوياً لمدة عشرين عاماً .

وبلغت تكاليف إنشاء هذه القرية حوالى ٣٦ ألف جنيه بما فى ذلك ثمن الأرض ، وتوصيل المياه للقرية .

ومن القرى التى نكبت بالحريق قرية صهرجت الصغرى مركز أجا — محافظة الدقهلية .

نكبت القرية بالحريق فى أوائل عام ١٩٥٤ ودمر أكثر من ٥٣٠ مسكناً .

قامت الإدارة العامة للتخطيط والإسكان بمعاونة القرية ودراسة إعادة بنائها .

تقرر بناء ٢٠٠ مسكن ريفى جديد من نموذجين على أن يبدأ ببناء الجزء السكنى الذى يتكون من حجرتين ، وذلك كإيواء سريع للمنكوبين أما الجزء الخلفى الذى يتكون من الحظيرة والتبانة والفرن والحمام والمرحاض فيقوم الأهالى باستكماله طبقاً للتصميمات الموضوعة .

حوائط المنازل من الطوب الأحمر ١٢ طوبة على أساس من الخرسانة العادية والأسقف من الخرسانة المسلحة .

بلغت تكاليف بناء الجزء الأمامى ٢١ ألف جنيه بواقع ١٠٥ جنيه للمسكن الواحد .

ثانياً — مساكن بنيت فى تجمعات جديدة نتيجة عمليات إسكان فى أرض زراعية استجدت أو وزعت أو لإسكان العمال الزراعيين .

قامت عدة هيئات ببناء مساكن ريفية للغرض السابق وفيما يلى موجز لما قامت به بعض هذه الهيئات .

١ — مصلحة الأملاك :

قامت ببناء مساكن لغرضين :

الأول : إسكان العمال الزراعيين . . وهؤلاء غالباً لا يملكون ماشية أو آلات زراعية ولا يختزنون إلا مايكفى لمؤونتهم لمدد قصيرة .

الثانى : إسكان صغار الملاحين الذين تملكهم الحكومة أرضاً زراعية وبيوت هذه الفئة تمثل البيت الريفى التقليدى .

ولقد أنشئت هذه التجمعات الأخيرة لإسكان منتفعين جدد وزعت عليهم أرض زراعية بمعدل حوالى خمسة أفدنة للأسرة . وقد بلغ عدد هذه التجمعات عشر بنيت على ثلاثة مشاريع :

المشروع الأول : سنة ١٩٤٧/٤٦

يتكون من أربع قرى بتفتيش كفر سعد .

يتكون البيت من حجرتين وحوش سماوى وحظيرة ومتبنة ومرحاض كما يوجد فى إحدى الحجرتين مصطبة من الداخل عبارة عن فرن فتحته من الخارج ، وتركت مساحة بالحوش لبناء غرفة مستقبلا .

عملت أساسات المنازل من الخرسانة والحوائط من الطوب الأحمر والأسقف من الخرسانة المسلحة .

المشروع الثانى : ٤٩/١٩٥٠ : بتفتيش كفر سعد

يتكون من أربع قرى مشابهاً لقرى المشروع الأول ولو أن مساحة المسكن شغلت فى هذا المشروع ٩٦م٢ بدلا من ١٣٠ م٢ واستغنى عن التبانة .

يتكون البيت من نفس تكوين المسكن السابق .

عملت الأساسات من خرسانة كسر طوب والحوائط من الطوب الأحمر أما الأسقف فمن الخرسانة المسلحة .

المشروع الثالث ٥٢/١٠٥٣ بالستامولى مركز بقاس :

يتكون من قريتين مع الشبه الكبير بين نماذج مساكنه والمشروع الثانى .

وبعد عشر سنوات من توزيع المشروع الثانى ١٩٤٩ قام معهد أبحاث البناء ببحث قرية المحمودية بتفتيش كفر سعد فى يناير ١٩٥٩ من الناحية الاجتماعية والسكنية لمعرفة مدى التغير الذى طرأ على حياة السكان الاجتماعية والاقتصادية والسكنية ومدى تجاوب التصميمات للتعديلات اللازمة

وأمكن الحصول على البيانات الآتية :

زاد عدد السكان بنسبة حوالى ٥٠ ٪
« « الأسر الزوجية بنسبة ١٢٠ ٪
« « الحجرات « ١١٥ ٪
« « المواشى « ١٦٠ ٪

فى الوقت الذى لم يزد فيه عدد المنازل بالقرية عن العدد الأصلى وهو ٨٩ منزلا لم يزد عدد الحظائر بالقرية .

توزيع الأسر بالنسبة للمنازل .

	سنة ١٩٤٩	سنة ١٩٥٩
أسرة واحدة	٧٥	١١
أسرتان	١١	٣٣
ثلاث أسر	٣	٢٨
أكثر من ثلاث أسر	—	١٨
الجملة	٨٩	٨٩

وكان نتيجة لذلك أن تغيرات المنازل من الداخل والخارج بحيث تكفى الزيادة الكبيرة فى عدد الأسر الزواجية والمواشى وأمكن حصر التعديلات والإضافات كما يلى :

٩٥ ٪ تم تعديل أحواشها الداخلية بإضافة غرفة سكنية جديدة .

٨٤ ٪ تم تعديل الحظائر بها .

٨٠ ٪ تم تعديل عد حجراتها بالزيادة .

٥٥ ٪ تم تعديل عدد أدوارها بإضافة دور علوى .

فإذا علمنا أن سكان هذه القرية تسلموا أرضاً مستصلحة حديثاً عام ١٩٤٩ وتسلموا البيت ومعه مؤونة تكفى ستة شهور وبقرة وحمار نرى كيف تطورت إمكانياتهم فى عشر سنوات بعد أن استصلحت الأرض وانتجت غلتها مما رفع مستوى دخولهم ومعيشتهم .

التفاتيش الزراعية بوزارة الأوقاف :

قامت هذه التفاتيش ببناء مساكن للفلاحين فى تفاتيشها، وكل النماذج التى بنتها الوزارة من الطوب الأحمر والخرسانة المسلحة .

ما بعد الثورة :

كان انعكاس قانون تحديد الملكية الزراعية عند بداية الثورة وتوزيع كبار الإقطاعيات على العاملين بها ، مع هدف تحويل الأجراء إلى ملاك ، هذا عدا الهدف الأكبر من توسيع رقعة الأرض المنزرعة لاستيعاب الزيادة المنتظرة فى سكان الريف من العاملين فى قطاع الزراعة.. . كان

انعكاس كل ذلك إيجاد حركة تعمير كبيرة فى الريف فى الوادى وعلى أطراف الوادى فى الأراضى المستصلحة . . وفى شمال الدلتا فى الأراضى المنخفضة ولقد قامت وزارة الإصلاح الزراعى بتنفيذ عدد كبير من هذه المساكن كما قامت هيئات أخرى بتنفيذ قرى بأكملها كما حدث فى مديرية التحرير ، وما قامت به الهيئة المصرية الأمريكية لإصلاح الريف بأبيس بالأسكندرية وقوته بالفيوم .

وفيما يلى بعض النماذج التى تمت فى المناطق المختلفة .

وكان لا بد أن تنشأ هذه المبانى جميعها فى فترة قصيرة حتى يتيسر إسكان المنتفعين والمهاجرين بأسرع ما يمكن .

وقام معهد أبحاث البناء بدراسة بعض مشاريع الإسكان الريفى المستجد تبين منها أن هناك بعض التعديلات التى أدخلها السكان على منازلهم حتى يتلاءم مع إحساساتهم ووظائف حياتهم اليومية واحتياجاتهم المعيشة مما يجب أن يراعى فى التصميمات المستقبلة حتى تتكامل استجابة السكان للمساكن القروية .

وفيما يلى موجز لنتائج هذه الدراسة التى تمت فى مناطق :

إنشاص	الزعفران
أبيس	مديرية التحرير

١ — تسبب عدم وجود مساحات مسقوفة تكفى للخدمات اليومية فى قيام السكان جميعاً بتسقيف جزء كبير من الحوش السماوى .

٢ — استعمال الفتحات الخارجية الغير محمية بالحظائر دعى السكان إلى إغلاقها كلية مهما كان توجيهها .

٣ — انخفاض الأسوار الخلفية للمنازل عن باقى مبانى المنزل لم يعطى السكان إحساس الأمان الكامل فقاموا بتعليتها من ٢٫٥ متر إلى ٣ متر .

٤ — لم يستجب السكان فى منطقة الزعفران إلى شارع خلفى للخدمة وشارع أمام نظيف لسوء اختيار مكان الكتلة السكنية بالنسبة للمزارع الخاصة بالسكان إذ يجب فى هذه الحالة أن تكون المزارع فى الناحية القبلية للمساكن حيث شارع الخدمة .

٥ — الغرفة : فى المساكن التى لم تبن بها أفران قام السكان ببنائها تحت الجزء المسقوف من الحوش أما المساكن الموجود بها أفران فكان يجب أن تكون بعيدة عن التيارات الهوائية شتاء (أبيس) .

٦ — لم تكن المساحات الخاصة بالخزين كافية .

٧ — طالب السكان بضرورة دراسة الفتحات بحيث تعطى الضوء وتكفل الحماية فى فصل الشتاء .

٨ — لم يقبل السكان فكرة الأفران المجمعة أو الحظائر المجمعة .

مواد البناء وطرق التشييد :

يعتبر الطوب اللبن (الأخضر — والنى) منذ القدم المادة التقليدية الرئيسية فى تنفيذ مبانى القرية المصرية ويصنع عادة من تربة الأراضى الزراعية ومن الطمى الذى يترسب بعد فيضان النيل على جوانب النهر والترع الرئيسية ، ويضاف إلى هذا الطين بعض المواد التى تساعد على زيادة قوة تماسك الطينة ويقلل من انكماش الطين اثناء الجفاف وأهم المواد التى تستعمل لهذا الغرض التبن والسـاس والرس وذلك بنسبة لا تزيد عن ٢٠ ٪ من حجم الطين المستعمل هذا وتساعد هذه المواد عند حرق الطوب التى للحصول على الطوب الأحمر على انتظام الحريق وتتحمل الصدمات الحرارية داخل القمائن والأفران كما يزيد احتراق هذا المواد من مسامية الطوبة وتخفيف وزنها وتخشين سطحها الخارجى الذى يزيد من قوة تماسك مونة البناء أو البياض .

ويصنع الطوب بخلط الطين مع القش أو التبن وإضافة نسبة من الماء تتراوح مابين ٣٠ ٪ و ٣٥ ٪ من وزن الطوبة ثم هرس الخليط بالفؤوس ودهكة بالأيدى والأقدام لتفكيك الكتل المتماسكة ، وذلك للكميات الصغيرة ، وباستخدام الخيول والبغال فى حالة الكميات الكبيرة . وتختلف مدة

الخلط والتقليب « عملية التخمير » حسب نوع الطين وكمية المواد المضافة إليه ، وتظهر مهارة صانع الطوب فى دراسة ومعرفة مدة التخمير للحصول على مخلوط يسهل به تشكيل الطوبة وتحسين خواصها وتقليل كمية الهالك منه أثناء عملية التجفيف ثم الحريق .

ويجفف الطوب عادة فى الهواء الطلق بالطرق الطبيعية وذلك لأن مناخ مصر قليل الأمطار معتدل الحرارة فى معظم شهور السنة . غير أن هذه الطريقة من التجفيف لا تساعد فى الحصول على أنواع جيدة من الطوب حيث أن لحرارة الشمس وسرعة الرياح وجفاف الجو آثار سيئة على الطوبة تساعد فى حدوث إجهادات شد فى سطح الطوبة نتيجة لانكماش هذا السطح قبل الطبقات الداخلية من الطوبة يحدث عنها تشققات كثيرة ، لهذا فالأفضل أن يتم تجفيف الطوب تحت سقايف أو عرايش لحماية الطوب من التقلبات الجوية السريعة ، كما يمكن زيادة نسبة الرطوبة الجوية بالدرجة المناسبة التى تقلل حدوث هذه التشققات .

وقد تطورت صناعة الطوب اللبن وأمكن صناعة الطوب المحروق (الأحمر) الذى يتم حريقه داخل قمائن تختلف شكلها وحجمها بحسب نوع الوقود المستعمل ، وقد ابتدىء حرق الطوب باستعمال الفحم الحجرى ، وأثناء مدة الحرب العالمية وتعذر الحصول على الفحم بالكميات والسعر المناسب أبتدىء فى استعمال المازوت وانتشرت طريقة الحريق داخل الأفران العادية ثم الأفران المستمرة (طراز هوفمان) التى تمتاز بسرعة الإنتاج ووفرته مع الاقتصاد فى الوقود والحصول على طوب منتظم الحريق وتلافى الهالك منه كما كان الحال فى القمائن العادية .

وفى المناطق القريبة من الجبال خصوصاً بقرى الوجه القبلى تستعمل الأحجار الجيرية (الدبش) فى بناء المبانى وذلك لرخص وسهولة استخراج الأحجار من الجبال وامتيازه فى عمل الحوائط ذات العزل الحرارى المناسب الذى يتعادل مع ارتفاع درجات الحرارة صيفاً فى هذه المناطق .

وفى بعض المناطق المتاخمة للصحراء حيث تتوفر طبقة من الرمال المخلوط بنسبة من الجير نتيجة تفتت بعض الصخور أو لتحلل بعض أنواع من القواقع والأصداف البحرية فى الوقت الذى كانت تغمر فيه مياه البحر هذه المناطق فإن الطريقة المتبعة فى بناء الحوائط هى طريقة البناء بالطوب التى تتكون من عمل حوائط بسمك ٤٠ — ٥٠ سم من خليط الرمل الممزوج بالجير مع إضافة نسبة من الطمى وبعد كسر الأحجار والزلط المتوفرة فى المناطق القريبة من هذه القرى ويضاف للخليط كمية من الماء بالقدر الذى يسمح بتشكيل الحائط بالسمك المطلوب الذى يتم على شكل مداميك مستمرة بكامل طول الحائط وبارتفاع حوالى ٥٠ سم .

ويترك الحائط بعد كل مدماك الوقت الكافى ليتم تماسكه قبل البدء فى تشكيل المدماك التالى ، وهكذا إلى أن يصل الحائط بالارتفاع المطلوب .

وطرق التشييد المستعملة فى المبانى فهى لا تختلف كثيراً منذ القدم حتى الآن حيث تبنى الحائط فوق دكة خفيفة ترابية (بدون عمل أساسات حقيقية) ويتبع فى ترتيب الطوب الطرق المعروفة وبأسماك لا تقل عن طوبة ونصف وتكون المادة اللاحمة فى حالة استعمال الطوب اللبن خليطاً من الطين المخلوط بالتبن أو القش .

وبعد ذلك أن بدىء فى استعمال الطوب الأحمر أخذت المادة اللاحمة تتطور من عصر إلى آخر فابتدأت بخليط الطين الممزوج بالتبن أو القش ثم بدىء باستعمال مونة مكونة من مسحوق الطوب المحروق (الحمرة) مع نسبة من الجير المطفى ، ثم تطورت أخيراً إلى استعمال مونة الرمل والأسمنت بعد أن توفر وانتشر الأسمنت وسهل الحصول عليه بأسعار مناسبة رخيصة مع امتياز هذا النوع من المونة بقوة تماسكه العالية كمادة لاحمة مع الطوب .

وطرق التشييد المستعملة فى تنفيذ الأسقف فإنها تغيرت وتطورت من عصر إلى آخر حسب توافر المواد المناسبة الرخيصة التى يمكن للفلاح استعمالها فى تنفيذ هذه الأسقف فبدىء بعمل الأسقف على هيئة عقود أو قباب أو خليط منها . . ثم تدرج الأمر بعمل الأسقف المستوية باستخدام

إفلاق النخيل والجريد وتغطية السقف بطبقة من الطوب اللبن أو خليط من الطين الممزوج بالتبن أو القش ، ثم تطور السقف إلى استعمال العروق الخشبية وتغطيتها بألواح خشبية أو أعواد من الجريد ، ثم تغطية السطح بطبقة من الطين لحمايته ، وفى بعض المساكن الريفية الكبيرة استخدمت الكمرات الحديدية وملىء الفراغ بينها بعقود من الطوب الأحمر .

وفى خلال السنوات الخمسين الأخيرة ابتدىء فى استعمال الخرسانة المسلحة فى تنفيذ الأسقف وأخذت هذه الطريقة فى الانتشار بعد أن قامت الدولة بتنفيذ مبانى القرى المنكوبة أو المستحدثة بهذه الطريقة حتى يمكن القول أنها ستكون الطريقة المفضلة فى تنفيذ الأسقف عند تنفيذ مشروعات تعمير القرى .

ولما كانت مواد البناء الرخيصة المتوفرة حالياً فى الجمهورية العربية المتحدة محدودة العدد والنوع ولم تجر أبحاث علمية على نطاق واسع لاستنباط مواد جديدة والاستفادة من مخلفات الزراعة أو الصناعة إلا فى السنوات العشر الأخيرة وبعد أن قررت الدولة ضرورة تطوير القرية المصرية وتوفير المسكن بالسعر المناسب ، فقد أخذت بعض المصالح والهيئات القيام بدراسات وأبحاث محدودة تنحصر كلها فى استخدام مادة الطين المتوفرة فى كل أراضى الريف المصرى لإنتاج طوبة جديدة لها قوة تحمل عالية نسبياً (لتقليل سمك الحوائط) ولمقاومة التقلبات الجوية والمياه الجوفية وتنحصر هذه التجارب فى إضافة أى من المواد التالية للحصول على هذا النوع من الطوب :

١ — الحمرة والجير بنسبة حوالى ٢ ٪

٢ — مستحلب الدياتول بنسبة ٣ ٪ — ٤ ٪

٣ — مستحلب الدياتول بنسبة ٢ ٪ — ٣ ٪ مع إضافة كمية من التبن أو القش .

٤ — الأسمنت البورتلاندى بنسبة ٤ ٪ — ٨ ٪ مع إضافة نسبة من الرمل .

وكل هذه التجارب انتهت إلى أن أسعار الطوب المستنبط تعادل أو تزيد عن سعر الطوب المحروق (الأحمر) كما أن بعض الحالات تتطلب أن يكون الطمى المستعمل به نسبة محدودة من الرمل الحرش قد تصل إلى ٦٠ ٪ من حجم الطين ، وهذا الرمل قد لا يتوفر وجوده فى أغلب القرى كما أن طريقة الصناعة قد تحتاج إلى خلاطات ميكانيكية لخلط المواد مع بعضها جيداً للحصول على خليط متجانس تماماً قبل تشكيل الطوبة .

وبعد أن بدىء فى تنفيذ مشروع السد العالى بأسوان وأصبح من المنتظر أن يقل الطمى الذى يصل إلى الأراضى الزراعية أو يترسب على جسور الترع الرئيسية سنة بعد أخرى ، أخذ التفكير إلى طرق أخرى من استنباط أنواع جديدة من الطوب لا تعتمد على الطمى فى صناعتها بل يجب إنتاج أنواع رخيصة من المواد المحلية المتوفرة فى كل منطقة من مناطق الجمهورية العربية المتحدة .

أما بتنفيذ الأسقف فالدراسات التى تمت كانت تتجه إلى التقليل من استعمال العروق الخشبية المستوردة أو البلاطات الخرسانية إلى استعمال كمرات من الخرسانة سابقة الإجهاد ذات قطاع صغير ووزن مناسب ويمكن إنتاجها بأسعار تعادل سعر العروق الخشبية (فليرى) وعلى أن تكون هذه الكمرات سهلة النقل ولا تحتاج إلى روافع خاصة لوضعها فى أماكنها بالأسقف .

وقد نفذت بعض المساكن التجريبية بهذه الكمرات وملىء الفراغ بينها بإحدى الطرق الآتية :

١ — بلاطات من الجبس المقوى بالبوص .

٢ — طوب خرسانى مفرغ .

٣ — بلاطات من الخرسانة العادية .

٤ — عقود من مبانى الطوب الأحمر .

وكل هذه المبانى والدراسات لم تصل إلى نتائج يمكن تنفيذها على نطاق واسع وذلك لأن تكاليف التنفيذ بالطرق التقليدية مازالت أرخص أو تعادل استعمال أى من هذه

الطرق المستنبطة ، وذلك لرخص الأيدى العاملة وارتفاع تكاليف الأجهزة الميكانيكية ووسائل النقل .

خاتمة :

القرية المصرية والبيت الريفي لم يتطور مع تطور الحياة المصرية لعدم ثقة الفلاح المصرى بالجهاز الحكومى للرواسب القديمة التى تكونت من جيل لآخر منذ الاستعمار الأجنبي واغتصاب الأرض الزراعية وإرهاق الفلاحين بالضرائب والاستيلاء على المحاصيل بأثمان رخيصة . . . كل هذه العوامل مجتمعة مع عدم نضج الوعى وانتشار الجهل والمرض والفقر جعل التطور جامداً يسير ببطء شديد . . . كما أن الحكومات السابقة لم تعط الريف أى اهتمام ولم تقم بأى مجهود جدى لإصلاحه .

قامت الثورة واطمأن الفلاح وتحرر من الاستغلال والاستعباد وأصبح المالك الحقيقى للأرض بعد توزيع الأراضى وتفتيت الملكيات الكبيرة . . فأخذ الفلاح يطمئن للجهاز الحكومى وارتفع دخله وزادت درجة وعيه مع انتشار التعليم وتوفير الخدمات العامة من المياه الصالحة للشرب والعلاج الطبى المجانى والخدمات الاجتماعية وتحسين البيئة. وغيرها من مشروعات حكومة الثورة والشعب التى نفذت كخطوة أولى فى تطوير القرية وتحسين البيت الريفي .

أن دور الجمعيات التعاونية الزراعية فى إصلاح القرية وتطورها سيكون عاملا رئيسياً فيها . . . أن الأمل الكبير سيتحقق وسيسير التطور السريع نحو الأهداف المنشودة .

وسائل تنفيذ تعمير الإسكان الريفى
عن طريق التعاون وطرق التمويل

للمهندس : أحمد رفعت

لإمكان توفير المساكن المناسبة لأى فئة من الناس فانه يلزم التعرف على الظروف الإجتماعية والاقتصادية لهذه الفئة والعوامل التى تؤثر على تلك الظروف — وفيما يلى بيان بالخصائص العددية لسكان الريف بالجمهورية .

عدد سكان الجمهورية فى الفترة ١٨٨٢ — ١٩٦٠

السنة	العدد الكلى للسكان	متوسط الزيادة السنوية	عدد السكان الريفى	متوسط الزيادة السنوية	عدد السكان الحضريين	متوسط الزيادة السنوية
	بالألف	٪	بالألف	٪	بالألف	٪
١٨٨٢	٦٨٠٤		٥٥١١		١٢٩٣	
١٨٩٧	٩٧١٥	٢ر٩	٧٧٧٢	٢ر٧	١٩٤٣	٣ر٣
١٩٠٧	١١٢٨٧	١ر٦	١١٤٢	١ر٨	٢١٤٥	—ر١
١٩١٧	١٢٧٥١	١ر٣	١٠٠٧٣	—ر١	٢٦٧٨	٢ر٥
١٩٢٧	١٤٢١٨	١ر٢	١٠٩٤٨	٠ر٨	٣٢٧٠	٢ر٢
١٩٣٧	١٥٩١٣	١ر٢	١١٩٥٠	٠ر٨	٣٩٨٣	٢ر٢
١٩٤٧	١٩٠٢٢	—ر٢	١٣١٢٥	٠ر٩	٥٨٩٧	٤ر٨
١٩٦٠	٢٦٠٨٥	٢ر٨٤	١١١٧٣	١ر٨	٩٩١٢	٥ر٢

ملحوظة : (البيانات الموضوعة فى الجدول أعلاه حسبت بالإستعانة بالبيانات الواردة بالجدول رقم ٨ من كتاب لثورة فى ١٠ سنوات المعد بمعرفة مصلحة الإحصاء والمنشور فى يوليو سنة ١٩٦٢) .

بتحليل البيانات أعلاه يتضح الآتى :

١ — وجود هجرة من الريف إلى الحضر ابتداء من سنة ١٩٠٧ حتى سنة ١٩٦٠ .

٢ — تتضمن هذه الهجرة ٣ر٠٪ سنوياً من سكان الريف بين سنة ١٩٠٧ ، ١٩١٧ وتقدر بنحو ٢٧٤٢٦ نسمة سنوياً .

و ٤ر٠٪ سنويا من سكان الريف بين سنة ١٩١٧ ، ١٩٢٧ و تقدر بنحو ٤٠٢٩٢ نسمة سنويا .

و ٤ر٠٪ سنويا من سكان الريف بين سنة ١٩٢٧ ، ١٩٣٧ و تقدر بنحو ٤٣٧٩٢ نسمة سنويا .

و ١ر١٪ سنويا من سكان الريف بين سنة ١٩٣٧ ، ١٩٤٧ و تقدر بنحو ١٣١٤٥٠ نسمة سنويا .

و ١٫٠٤٪ سنويا من سكان الريف بين سنة ١٩٤٧ ، ١٩٦٠ و تقدر بنحو ١٣٦٥٠٠ نسمة سنويا .

وذلك على افتراض أن نسبة التزايد الطبيعى للسكان (الفرق بين المواليد والوفيات) واحدة فى الحضر والريف وحينئذ يكون عدد السكان الذين نزحوا من الريف إلى المدن فى الفترة ١٩٠٧ — ١٩٦٠ = ١٠ (٢٧٤٢٦ + ٤٠٢٩٢ + ٤٣٧٩٢ + ١٣١٤٥٠) + ١٣ × ١٣٦٥٠٠ = ٤٫٢٠٤٫١٠٠ نسمة .

٣ — عدد المهاجرين يزداد فى كل سنة عن السنة السالفة لها .

٤ — يزداد عدد السكان الريفيين رغم تزايد العدد المهاجر منهم .

خصائص الدخل بالنسبة للسكان الريفيين :

لمعرفة تطور دخل الفرد الريفى يلزم متابعة التزايد فى الدخل الزراعى مع التزايد فى عدد السكان الريفيين — وفيما يلى مقارنة بين الدخل الزراعى وعدد السكان الريفيين فى السنوات ١٩٥٢/١٩٥٣ ، ١٩٦٠/١٩٦١ .

عدد السكان الريفيين سنة ١٩٥٢ = ١٣٫١٢٥ + $\frac{(١٦٫١٧٣ - ١٣٫٢٥)}{١٣}$ × ٥ = ١٤٫٢٩٧ مليون نسمة .

عدد السكان الريفيين سنة ١٩٦٠ = ١٦٫١٧٣ مليون نسمة .

جملة(١) الدخل الأهلى الزراعى سنة ٥٢/٥٣ = ٢٥٢ مليون جنيه .

جملة(١) الدخل الأهلى الزراعى سنة ٦٠/٦١ = ٤٠٣ مليون جنيه .

متوسط نصيب الفرد الريفى من الدخل الأهلى الزراعى ١٩٥٢/١٩٥٣ = $\frac{٢٥٢}{١٤٫٢٩٧}$ = ١٧٫٦٠٥ ج م

متوسط نصيب الفرد الريفى من الدخل الأهلى الزراعى ١٩٦٠/١٩٦١ = $\frac{٤٠٣}{١٦٫١٧٣}$ = ٢٥ ج

ومعنى ذلك أنه بفرض ثبوت قيمة الجنيه فى الفترة سنة ١٩٥٢ — ١٩٦٠ تكون المجهودات التى بذلتها الدولة بعد الثورة قد فعلت التزايد الجارى فى عدد السكان الريفيين ورفعت مستوى الدخل لمجموعهم بنحو ٢٫٥٪ .

ويعمل مقارنة بين نصيب الفرد الريفى من حجم الإنتاج الزراعى فى السنوات المختلفة باعتبار السنة الأساسية هى متوسط الإنتاج للسنين ١٩٣٥ — ١٩٣٩ يتضح الآتى :

السنة	عدد السكان الريفيين	الرقم القياسى للانتاج سنة ١٩٣٧ أساس		الرقم القياسى للانتاج سنة ١٩٥٢ أساس	
		سكان	إنتاج	سكان	إنتاج
١٩٣٧	١١٫٩٥٠	١٠٠	١٠٠		
١٩٥٢	١٤٫٢٩٧	١١٩	١٠٩	١٠٠	١٠٠
١٩٦٠	١٦٫١٧٣	١٣٥	١٢٣	١١٣	١١٣

(١) جدول ٣٤ من كتاب الثورة فى ١٠ سنوات منشور فى يوليو سنة ١٩٦٢ .

يتبين من الجدول السابق أن متوسط نصيب الفرد الريفى من حجم الإنتاج الزراعى الأهلى قد قل إذا اعتبرنا أن سنة الأساس هى سنة ١٩٣٧ وثابت إذا كانت سنة الأساس ١٩٥٢ — وإن كان نصيب الفرد من الدخل الأهلى الزراعى قد زاد بنسبة ٢,٥٪ سنويا فذلك لارتفاع أسعار المحاصيل الزراعية والتى تتحمل الدولة منها النصيب الأكبر كما هو الحال فى أسعار القمح .

وسوف يترتب على ذلك إما الاستمرار فى زيادة أسعار المحاصيل الزراعية لمواجهة رفع دخل الريفيين أو زيادة الهجرة عما هى عليه الآن أو هما معاً ، أو زيادة الرقعة الزراعية أو التوسع فى زراعات خاصة مثل الزهور ، الخضروات ، الفواكه .

ولمعرفة تطور دخل الفدان يلزم مقارنة مساحة الحاصلات بحجم الإنتاج كما هو مبين فيما يلى :

السنة الزراعية	المساحة المزروعه	الرقم القياسى	مساحة الحاصلات	الرقم القياسى
	مليون فدان		مليون فدان	
١٩٥٣/١٩٥٢	٥,٢٧٢	١٠٠	٩,٢٩٩	١٠٠
١٩٦١/١٩٦٠	٥,٤٠٥	١٠٤	١٠,٣٠٠	١١١

من الجدول أعلاه يتضح أن مساحة المحاصيل بالأفدنة قد زاد فى الفترة ١٩٥٢ — ١٩٦٠ بمقدار ١١٪ وبمقارنة هذه النسبة بحجم الإنتاج الزراعى فى هذه السنوات يتبين أن هذا الحجم قد زاد فى الفترة ١٩٥٢ — ١٩٦٥ بنسبة ١٣٪ مما يؤيد زيادة إنتاج الفدان بنسبة ٢٪ خلال الثمانى سنوات أى بمعدل ٠,٢٥٪ سنويا .

بمقارنة الزيادة فى دخل الفرد على مستوى الجمهورية يتلاحظ أن متوسط الدخل العام للفرد على مستوى الجمهورية قد ارتفع من ٣٧,١٠٠ م ج فى ١٩٥٢ — ١٩٥٣ إلى ٥٢,٥٠٠ م ج فى سنة ١٩٦٠ — ١٩٦١ أى بزيادة قدرها ٥٪ سنويا وهذه النسبة قريبة من نسبة تزايد دخل الفرد الريفى فى هذه الفترة المقدرة بنحو ٢,٥٪ سنويا .

ونظراً لأن الدولة تعمل جاهدة لمضاعفة الدخل القومى فى الفترة ١٩٦٠ — ١٩٧٠ كما أنها تعمل على إذابة الفوارق بين الطبقات فإن دخل الفرد الريفى وهو أقل الدخول سوف يتضاعف على الأقل فى سنة ١٩٧٠ .

وبالنسبة لتحضير خطة الإسكان الريفى يتبادر إلى الذهن السؤال التالى :

هل تصميم المساكن الريفية طبقاً للدخول الحالية أم طبقاً للدخول المستقبلة .

وترى المؤسسة أن يكون الدخل الذى يحسب على أساسه المسكن هو متوسط الدخل الحالى والدخل بعد عشرة سنوات أى ما يساوى مرة ونصف الدخل الحالى .

تقدير كفاءة العامل الزراعى بالنسبة للأراضى المنزرعة :

مساحة الأرض المنزرعة بالجمهورية ٥,٨٨٤,٠٠٠ فدان

عدد العمال المشتغلين بالزراعة ٤,٠٤٠٦,٠٠٠ شخص .

∴ كفاءة العامل الزراعى $= \frac{٥,٨٨٤,٠٠٠}{٤,٤٠٦,٠٠٠}$

= زراعة ١,٣ فدان .

ومعنى ذلك أن العامل الزراعى فى المتوسط يستطيع زراعة ١٫٣ فدان طبقاً للأوضاع الجارية فى سنة ١٩٦٠ .

تقدير قيمة العمالة الزراعية من إنتاج الفدان[١] :

لتقدير القيمة المطلوبة يلزم معرفة صافى الدخل الأهلى الزراعى .

قيمة الحاصلات الشتوية	سنة ١٩٦٠	١٢٧٫٢	مليون جنيه
قيمة الحاصلات الصيفية	سنة ١٩٦٠	٢١٥٫٢	مليون جنيه
قيمة الحاصلات النيلية	سنة ١٩٦٠	٤٣٫	مليون جنيه
قيمة الأرز	سنة ١٩٦٠	٦٫	مليون جنيه
قيمة الخضروات	سنة ١٩٦٠	٣١٫١	مليون جنيه
المجموع		٤٢٢٫٥	مليون جنيه

تخصم المصروفات على الوجه التالى :

الأسمنت سنة ١٩٦٠	٢٥٫٣	مليون جنيه
المبيدات	١٫٨	مليون جنيه
التقاوى	٢٦٫--	مليون جنيه
الوقود	١٠٫--	مليون جنيه
الصيانة والاستهلاك	٣٫٨	مليون جنيه
المجموع	٦٦٫٩	مليون جنيه

صافى قيمة الإنتاج الأهلى الزراعى ٣٥٥٫٦ مليون جنيه .

متوسط إيراد الفدان بدون خصم قيمة العمالة $\frac{٤٥٣٫٦}{٤٤٤٫٥}$ حوالى ٦٠ جنيه .

متوسط[٢] القيمة الإيجارية للفدان = ٢٢٫٦٠٠ .

وبذلك يكون المبلغ المقابل للعمل الزراعى بالفدان الواحد ٢٧٫٤٠٠ جنيه .

ونظراً لأن كفاءة العامل الزراعى = ١٫٣ فدان .

يكون دخل العامل الزراعى ذو الحيازة فى السنة = ١٫٣٪ × ٢٧٫٤٠٠ج = ٥٠ جنيه

فاذا فرضنا أن عدد الأيام الزراعية فى السنة ٢٠٠ يوم يكون أجرة العامل فى اليوم ٢٥ قرشاً وهو ما يعادل الحد الأدنى للأجور الزراعية الذى حددته الدولة وبذلك يتساوى العامل الزراعى ذو الحيازة وذلك الذى يعمل بالزراعة عن طريق الاستئجار .

دور المؤسسة بالنسبة للإسكان الريفى :

عدد المساكن الريفية طبقاً لإحصاء سنة ١٩٦٠ : ٣٫٢١٤٫٧٦٩ وحدة سكنية ، يقابلها نفس العدد من الأسر الريفية . هذا العدد يوجد ١٫٨٠٥٫٠٠٠ حيازة بعضها عن طريق الملك والبعض الآخر عن طريق الإيجار أو حيازة مشتركة وتتفاوت هذه الحيازات من حيث المساحة .

باقى السكان الريفيين الذين ليس لهم حيازة يتكونون من :

١ — العمال الذين يستأجرون للعمل فى الزراعة عند الآخرين :

٢ — الملاك المقيدين بالقرى ولهم مساكن بها ولكن لا يقيمون فيها .

٣ — الأشخاص الذين يعملون فى غير أغراض الزراعة .

٤ — الذين يعملون فى الخدمة الخاصة كالسيدات أو من لا عمل لهم كالأطفال والعجزة .

وبتحليل هذه الأنواع يتضح الآتى :

أولا — ذوو الحيازات

يتميز ذوو الحيازات باستقرار الإقامة فى القرية ووجود عائد منتظر من الأرض التى يزرعونها يختلف حسب المساحة

(١) البيانات ص ٦٨ من مجموعة البيانات الإحصائية .

(٢) البيانات ص ٦١ من مجموعة البيانات الإحصائية .

والملكية والإنتاج ولكن يمكن تقديره والاعتماد عليه فى تحصيل الأقساط . لذلك يمكن للمؤسسة أن تقوم بتمويل مشروعات الإسكان لهـذا القطاع على أن تضمن الجمعية الزراعية بالقرية بصفتها المشرفة مالياً على الزراع تسديد أقساط المبانى للجمعية التعاونية للاسكان بالقرية من ناتج الأرض المنزرعة .

ثانياً ـ العمال الذين يستأجرون للعمل فى الزراعة

هذه الطائفة غير مستقرة حيث أنها تعمل حساب الطلب أما فى القرية أو خارجها كما أن عددها يتناقص حسب حجم الهجرة الناتج عن عدم وجود مصدر للرزق محلياً — ومن المنتظر أن يكون هذا القطاع مع بعض باقى القطاعات أول من يستخدم فى الصناعات الريفية وسوف يزداد عدد هذا القطاع كلما زاد استعمال الميكانيكا فى الزراعة — لهذه الأسباب مجتمعة فان من الرأى أن يعمل برنامج عام لاستخدامهم فى التصنيع المحلى حسب ما يستقر عليه الرأى من حيث استعمال الميكانيكا فى الزراعة .

نماذج الإسكان اللازمة لهذا القطاع تختلف من حيث الغرض عن مساكن ذوى الحيازات حيث لا لزوم للحظائر وما شابهها كما أن هذه النماذج سوف تتطور طبقاً لتطور العمل الذى سوف يسند للعاملين من هذا القطاع ونقترح أن تكون مساكن هذا القطاع من المساكن الجاهزة التى يمكن نقلها والاستفادة بها فى أماكن مختلفة حسب الحاجة على أن تقوم الدولة بصفة مباشرة بانشاء هذه المساكن .

ثالثاً ـ الملاك الذين يملكون مساكن بالقرى ولا يقيمون بها

يسقط مساكن هؤلاء الملاك الذين لا يقيمون بالقرية من برنامج الإسكان الريفى حيث أن مساكنهم غالباً ماتكون فى مستوى لائق بالنسبة لظروفهم الحسنة ويمكن الاستفادة بهذه المساكن عن طريق الإيجار فى توفير الخدمات اللازمة بالقرية .

رابعاً ـ الأشخاص الذين يعملون فى غير أغراض الزراعة

فى معظم الأحوال يكون دخل هؤلاء الأشخاص أفضل بكثير من دخل العمال الزراعيين ويمكن للدولة أن تعينهم فنياً فى بناء مساكنهم خصوصاً أولئك الأشخاص الذين ترتبط حرفهم بأغراض الزراعة والخدمات العامة الأخرى ويدخل فى نطاق هذه الطائفة المدرسون والخفراء والصناع وذوى الحرف والتجار وما شابه ذلك .

خامساً — الأشخاص الذين يعملون فى الخدمة الخاصة ومن لا عمل لهم

هؤلاء الأشخاص هم فى الواقع الطائفـة المعالة مثل السيدات والأطفال والعجزة وهم يسكنون مع عائليهم فى مساكنهم ولا يحتاجـون إلى مساكن . وتوصى المؤسسة بوضع الاعتبار اللازم لهؤلاء الأشخاص عند وضع برامج التصنيع المحلية للاستفادة بهم قدر المستطاع .

مما سبق يتضح أن دور المؤسسة المصرية التعاونية للاسكان فى إنشاء المساكن الريفية يقتصر على إسكان ذوى الحيازات وعددهم ١٫٨٠٥٫٠٠٠ أسرة .

هذا وإذا اعتبرنا توزيع الحيازات بالجمهورية حسب الإحصاء الزراعى سنة ١٩٥٠ وما ترتب على تطبيق قانون الإصلاح الزراعى منذ سنة ١٩٥٣ وتوزيع أراضى الحكومة والهيئات على المزارعين الأمر الذى أضاف ٨٠٣٠٠٠ أسرة ذات حيازة (من ٢ فدان إلى ٥ فدان) علاوة على ما كان موجوداً من قبل يصبح توزيع الحيازات بالجمهورية كما يلى :

	عدد الحيازات	
أقل من فدانين	٤٦٣٫٠٠٠	٢٥٪
٢ فدان إلى ٥ أفدنة	١٫١٢٧٫٠٠٠	٦٢٪
٥ أفدنة إلى ١٠ أفدنة	١٢٢٫٠٠٠	٨٪
١٠ أفدنة	٩٣٫٠٠٠	٥٪
المجموع	١٫٨٠٥٫٠٠٠ حيازة	١٠٠٪

النسب والمبالغ المقترحة فى مقابل الإسكان بالريف فى قطاعات الدخول والأسر المختلفة

حجم الأسرة	الحدالادنى للغرف بالمسكن	١٠٠ جنيه		١٢٥ جنيه		١٥٠ جنيه		١٧٥ جنيه	
		النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ
٣ أشخاص فأقل	١	٪٩١	جنيه ١١٫٠	٪١٢	جنيه ١٥٫٠	٪١٣	جنيه ١٩٫٥	٪١٤	جنيه ٢٤٫٥
٤ — ٦ أشخاص	٢	٪٩	٩٫٠	٪١٠	١٢٫٥	٪١١	١٦٫٥	٪١٢	٢١٫٠
٧ — ٩ أشخاص	٣			٪٨	١٠٫٠	٪٩	١٣٫٥	٪١٠	١٧٫٥
٢ — ٩ أشخاص	٤					٪٧	١٠٫٥	٪٨	١٤٫٠

حجم الأسرة	الحدالادنى للغرف بالمسكن	٢٠٠ جنيه		٢٢٥ جنيه		٢٥٠ جنيه		٢٧٥ جنيه	
		النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ	النسبة	المبلغ
٣ أشخاص فأقل	١	٪١٥	جنيه ٣٠٫٠	٪١٦	جنيه ٣٦٫٠	٪١٧	جنيه ٤٢٫٥	٪١٨	جنيه ٥٠٫٠
٤ — ٦ أشخاص	٢	٪١٣	٢٦٫٠	٪١٤	٣١٫٥	٪١٥	٣٧٫٥	٪١٦	٤٥٫٠
٧ — ٩ أشخاص	٣	٪١١	٢٢٫٠	٪١٢	٢٧٫٠	٪١٣	٣٢٫٥	٪١٤	٤٠٫٠
٢ — ٩ أشخاص	٤	٪٩	١٨٫٠	٪١٠	٢٢٫٥	٪١١	٢٧٫٥	٪١٢	٣٥٫٠

تحديد النسب والمبالغ التى يمكن تخصيصها فى مقابل الإسكان لذوى الحيازات :

بينا فيما سبق أن أقل دخل تحصل عليه الأسرة ذات الحيازة حالياً هو ٥٠٫ — جنيه كما بينا أن الدخل الذى يحسب على أساسه المسكن يساوى مرة ونصف الدخل الحالى لذلك يكون الدخل الأقل بالنسبة لتصميم المسكن هو ٧٥ جنيه للأسرة ثم تتدرج الدخول إلى الارتفاع والجدول السابق يبين النسب المقترح تخصيصها فى مقابل الإسكان . كذلك المبالغ السنوية التى يستطيع المنتفعون دفعها طبقاً لظروفهم الاقتصادية والاجتماعية .

* * *

عند إعداد الجدول السابق روعيت الاعتبارات الآتية :

١ — لاتزيد كثافة السكان عن ٣ أشخاص بالغرفة

٢ — كل مسكن مزود بمدخل وحمام وحظيرة ومخزن وفرن وعدد من الغرف تختلف حسب حجم الأسرة .

٣ — تقل نسبة الدخل المقترح تخصيصها فى مقابل الإسكان كلما قل الدخل .

٤ — تقل السابقة كلما زاد عدد أفراد الأسرة .

وهذه الاعتبارات هى من وحى التطبيق العربى للاشتراكية فى مجال الإسكان — ويلاحظ أن المبالغ قرين كل قطاع من الأسر بالجدول السابق هى الحد الأعلى للمدفوعات السنوية التى تستطيع هذه الأسر تحملها فى مقابل حصولها على المسكن الملائم كما أنها تمثل الحد الأعلى للأقساط السنوية للقروض اللازمة للاسكان الريفى لذلك فإنه يجب تثبيت هذه الأقساط وإدخال التغيرات اللازمة فى مدة الاستهلاك للقرض ونسبة فائدة للحصول على المبلغ اللازم لتكاليف المسكن مع ملاحظة أنه إذا زيدت نسبة القرض إلى تكاليف البناء زادت الأعباء على المنتفعين وإذا قلت هذه النسبة زاد مقدم الدفع المطلوب وكلاهما يعرقل تنفيذ المشروع — كما أنه كلما زادت مدة استهلاك القرض وجبت الحيطة فى عملية إنشاء المساكن مما يدعو إلى زيادة تكاليف المسكن حتى يبقى سليما لمدة أطول من مدة استهلاك القرض .

* * *

ولإمكان الوصول إلى حجم القروض اللازمة ومدة الاستهلاك ونسبة الفائدة فى حدود الاعتبارات السابقة تفرض أن تكاليف بناء المساكن بخلاف قيمة الأرض والمرافق والخدمات العامة كما يلى :

المسكن المكون من غرفة واحدة والمنافع والخدمات الخاصة	٢٣٠ جنيه
المسكن المكون من غرفتين والمنافع والخدمات الخاصة	٢٨٠ جنيه
المسكن المكون من ٣ غرف والمنافع والخدمات الخاصة	٣٢٠ جنيه
المسكن المكون من ٤ غرف والمنافع والخدمات الخاصة	٣٥٠ جنيه

يتبين من الجدول السابق أن القيمتين الأقل للأقساط السنوية للحصول على المسكن هما ٧٫٥٠٠ جنيه ، ١١٫٠٠٠ جنيه للمسكن المكون من غرفة واحدة ، ٩٫٠٠٠ جنيه ، ١٢٫٥٠٠ جنيه للمسكن المكون من غرفتين ، ١٠٫٠٠٠ جنيه ، ١٣٫٥٠٠ جنيه للمسكن المكون من ثلاث غرف ، ١٠٫٥٠٠ جنيه و ١٤٫٠٠٠ جنيه للمسكن المكون من أربعة غرف .

وفيما يلى جدول يبين الحد الأقصى للقروض الممكن الحصول عليها فى حدود هذه الأقساط مع تغيير مدة استهلاكها بين ٢٠ ، ٣٠ سنة ، وتغيير نسبة الفائدة بين ٣ ٪ ، ٢ ٪ سنوياً بنسبة بسيطة .

وبمقارنة قيمة القروض الممكن الوصول إليها فى حدود الطاقات المالية للمنتفعين بالتكاليف المقترحة للمساكن يتحدد نسبة القرض .

الحد الأقصى للقروض

نوع المسكن	قيمة القسطين الأقل		مدة استهلاك القرض ٢٠ سنة		مدة استهلاك القرض ٣٠ سنة	
			قيمة القرض بنسبة ٣ ٪	قيمة القرض بنسبة ٣ ٪	قيمة القرض بنسبة ٣ ٪	قيمة القرض بنسبة ٣ ٪
	مليم	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه
مسكن مكون من حجرة	٥٠٠	٧	١١١	١٢٢	١٤٧	١٦٨
والمنافع والخدمات الخاصة	—	١١	١٦٣	١٨٠	٢١٥	٢٤٦
مسكن مكون من غرفتين	—	٩	١٣٢	١٤٧	١٧٦	٢٠١
والمنافع والخدمات الخاصة	٥٠٠	١٢	١٨٦	٢٠٤	٢٤٥	٢٨٠
مسكن مكون ٣ غرف	—	١٠	١٤٨	١٦٣	٢٠٠	٢٢٤
والمنافع والخدمات الخاصة	٥٠٠	١٣	٢٠٠	٢٢٠	٢٦٤	٣٠٢
مسكن مكون من ٤ غرف	٥٠٠	١٠	١٥٦	١٧١	٢٠٦	٢٣٥
والمنافع والخدمات الخاصة	—	١٤	٢٠٨	٢٢٨	٢٧٤	٣١٤

مقارنة بين التكاليف الكلية والقروض (مدة استهلاك القروض ٣٠ سنة بفائدة بسيطة ٢ ٪)

نوع المسكن	تكاليف البناء	القرض الاقصى الممكن الحصول عليه فى أقل الحالات	نسبة القروض إلى التكاليف	النسبة
	جنيه	جنيه		
مسكن مكون من غرفة والمنافع والخدمات الخاصة	٢٣٠	١٦٨	٧٣ ٪	٧٠ ٪
مسكن مكون من غرفتين والمنافع والخدمات الخاصة	٢٨٠	٢٠١	٧٢ ٪	٧٠ ٪
مسكن مكون من ٣ غرف والمنافع والخدمات الخاصة	٣٢٠	٢٢٤	٧٠ ٪	٧٠ ٪
مسكن مكون من ٤ غرف والمنافع والخدمات الخاصة	٣٥٠	٢٣٥	٦٧ ٪	٧٠ ٪

ومن الجدول السابق يتبين الآتى : —

١ — أصلح نسبة للقرض فى حدود إمكانيات المنتفعين هى ٧٠٪ من تكاليف البناء .

٢ — المدة المناسبة لاستهلاك القرض هى ٣٠ سنة .

٣ — أنسب ربح للقرض هى ٢٪ سنوياً بنسبة بسيطة .

٥ — مقدمات الدفع المطلوبة هى ٦٩٫٠٠٠ ج للمسكن من غرفة واحدة ، ٨٤٫٠٠٠ ج للمسكن من غرفتين ، ٩٦٫٠٠ ج للمسكن من ثلاث غرف ، ١٠٥٫٠٠٠ ج للمسكن المكون من ٤ غرف .

وسائل التمويل :

أولا — تمويل القرض

تمول القروض اللازمة لإسكان الأسر ذوى الحيازات من اعتمادات المؤسسة المصرية التعاونية للاسكان على أن تكون هذه الاعتمادات من الكفاية بحيث تتناسب مع حجم الأعمال المنتظر أن تقوم به وأن يكون مدة استهلاك القرض ٣٠ سنة وأن تكون نسبة الربح ٢٪ سنوياً وأن تتحمل الدولة قيمة المصاريف الإدارية للمؤسسة والمقدرة بنحو ١٠٪ من قيمة الأعمال التى تقوم المؤسسة بتنفيذها .

هذا وتصرف القروض من المؤسسة للجمعيات التعاونية للاسكان بالقرى بضمان الجمعيات الزراعية صاحبة الشأن .

ثانياً — تمويل قيمة الأرض والخدمات اللازمة

تقوم الدولة بتوفير الأراضى اللازمة للاسكان بالقرية بمعرفتها وعلى نفقتها كما تقوم بإنشاء الخدمات والمرافق العامة الضرورية .

ثالثاً — تمويل مقدم الدفع

تمويل المبالغ المطلوبة مقدماً إما بمعرفة الدولة أو بمعرفة المنتفعين على النحو التالى :

يقوم الأعضاء بتمويل مقدم الدفع عن طريق :

١ — مدفوعات نقدية .

٢ — تقديم مواد بناء لازمة لمشروع الإسكان .

٣ — تقديم عمالة .

٤ — الإدخار فى بنك القرية لحساب الإسكان .

وتقوم الدولة بتمويل مقدم الدفع عن طريق :

١ — صرف إعانات مباشرة .

٢ — قرض وتحصيل رسم إنتاج على المحاصيل الزراعية تحصل بواسطة الجمعيات الزراعية .

تقرير الاستثمارات اللازمة :

بالرجوع إلى جدول توزيع الحيازات يتلاحظ أن ٢٥٪ من الأسر حائزة على أقل من فدانين ، ٦٢٪ حائزة على مساحة من ٢ — ٥ أفدنة ، ٨٪ حائزة على مساحة من ٥ — ١٠ أفدنة ، و٥٪ حائزة على أكثر من ١٠ أفدنة .

وبوضع الدخول المنتظرة للحيازات موضع الاعتبار يمكن تقرير الآتى :

١٣٪ من عدد الأسر تختص بمسكن من غرفة واحدة والمنافع .

١٢٪ من عدد الأسر تختص بمسكن من غرفتين والمنافع

٦٢٪ من عدد الأسر تختص بمسكن من ٣ غرف والمنافع .

١٣٪ من عدد الأسر تختص بمسكن من ٤ غرف والمنافع .

وبدراسة أحجام الأسر الريفية سنة ١٩٦٠ يتضح الآتى :

	أسرة	
أسر ريفية مكونة من ٣ أشخاص أو أقل	١,٠٥٧,٤٥٠	٣٣٪
أسر ريفية مكونة من ٤ — ٦ أشخاص	١,٣٥٢,٨٩٥	٤٢٪
أسر ريفية مكونة من ٧ — ٩ أشخاص	٦١٤,٨٤٦	١٩٪
أسر ريفية مكونة من ٩ أشخاص فأكثر	١٨٩,٥٧٨	٦٪
	٣,٢١٤,٧٦٩	١٠٠٪

وبمقارنة تقسيم المساكن على حسب دخولها وتقسيمها حسب أحجامها فى سنة ١٩٦٠ يتبين أن الدخول تسمح بالإقلال من التزاحم القائم مما يحقق هدفاً من أهداف التخطيط . لذلك فمن المقترح عند إعداد حجم المساكن اللازمة اعتبار التوزيع طبقاً لقدرة الدخول وفيما يلى بيان كيفية تقدير حجم الإسكان لذوى الحيازات .

عدد الحيازات ١,٨٠٥,٠٠٠ حيازة .

عدد الأسر المنتفعة فى هذا القطاع

= ١,٨٠٥,٠٠٠ أسرة .

عدد المساكن التى يتداولها المشروع

= ١,٨٠٥,٠٠٠ أسرة .

وبدراسة نسبة المساكن الصالحة فى عدة قرى وجد أنها لا تتجاوز ٦٪ من المجموع وبتطبيق هذه النسبة يتضح أن المساكن الواجب إصلاحها وإعادة بناؤها هو ١,٧٠٠,٠٠٠ وحدة سكنية ظهر الآن معظم هذه المساكن بالإضافة إلى الحالة الراهنة بالقرية بحالة يصعب معها توفير المسكن المناسب والمحيط الصحى التى تتناسب مع الاتجاهات التى تنتجها الدولة فمن الرأى اعتبار بناء الكمية المطلوبة جميعها ويكون توزيعها كالآتى :

مساكن من غرفة واحدة والمنافع	١,٧٠٠,٠٠٠ × ٠,١٣	٢٢١,٠٠٠	وحدة
مساكن من غرفتين والمنافع	١,٧٠٠,٠٠٠ × ١٢	٢٠٤,٠٠٠	وحدة
مساكن من ٣ غرف والمنافع	١,٧٠٠,٠٠٠ × ٦٢,	١,٠٥٤,٠٠٠	وحدة
مساكن من ٤ غرف والمنافع	١,٧٠٠٠,٠٠ × ١٣,	٢٢١,٠٠٠	وحدة
	مجموع المساكن	١,٧٠٠,٠٠٠	وحدة

التكاليف الكلية للمساكن :

١٣١,٠٠٠ × ٣٢٠ =	٥,٨٣٠,٠٠٠	جنيه
٢٠٤,٠٠٠ × ٢٨٠ =	٥٧,١٢٠,٠٠٠	جنيه
١,٠٥٤,٠٠٠ × ٣٢٠ =	٣٣٧,٢٨٠,٠٠٠	جنيه
٣٢١,٠٠٠ × ٣٥٠ =	٧٧,٣٥٠,٠٠٠	جنيه
	٥٢٢,٥٨٠,٠٠٠	جنيه

أى حوالى ٥٢٣ مليون جنيه

الحجم الكلى للقرض = ٠,٧٠ × ٥٢٣ = حوالى ٣٦٦ مليون جنيه .

وبذلك يكون حجم القرض اللازم لإنشاء المساكن الخاصة بالأسر ذوى الحيازات يساوى حوالى ٣٦٦ مليون جنيه .

وفيما يلى بيان بتكوين الجمعيات التعاونية على المستويات المختلفة :

الجمعية التعاونية للاسكان بالقرية

الاسم :
الجمعية التعاونية المحلية للاسكان بقرية(....)

العضوية :

أهالى القرية وكل من يرغب فى الإقامة بالقرية .

رأس المال :

من أسهم قيمة السهم جنيه مصرى واحد يسدد إما مرة واحدة أو على أربعة أقساط متساوية أو حسب ما يحدده النظام الداخلى .

الغرض من الجمعية :

العمل على رفع مستوى السكن لإعضائها وتحسين حالة أعضائها صحياً واجتماعياً . وذلك بالحصول على أراضى الامتداد العمرانى للقرية وإقامة المساكن عليها وبيعها للأعضاء بالتقسيط على آجال طويلة بعد الحصول على القروض اللازمة لتمويلها وكذلك شراء وإنتـاج مواد البناء وأداء جميع الخدمات التعاونية لأعضائها وفقاً لما تقرره المؤسسة المصرية التعاونية .

مجلس الإدارة :
عشرة أعضاء ستة منهم بالانتخاب المباشر وأربعة أعضاء بحكم مناصبهم هو مندوب الشئون الاجتماعية بالقرية ومأمور المركز أو من ينوب عنه ورئيس المجلس وعضو فنى يختار بمعرفة الجهات المحلية وتعتمده المؤسسة .

الجمعية العمومية :

من جميع الأعضاء المساعدون . ويراعى فى قراراتها وإجراءات انعقادها ما نص عليه القانون ٣١٧ لسنة ١٩٥٦ والقرارات الوزارية المنفذة .

المصاريف الإدارية :

يخصص اعتماد مالى بميزانية المؤسسة المصرية التعاونية للاسكان لمواجهة المصاريف الإدارية لهذه الجمعيات كإعانة من الدولة . وتكون لائحة النظام الداخلى للجمعية مطابقة للائحة النموذجية مع التعديلات الموضحة بعاليه وتطوير البنود المختلفة بما يلائم هذه التعديلات .

الجمعية التعاونية للاسكان بالمركز

الاسم :
الجمعية التعاونية للاسكان لقرى مركز (....)

العضوية :
الجمعية المحلية للاسكان بالقرى

رأس المال :

من أسهم قيمة السهم أربعة جنيهات تدفع مرة واحدة ويشترط أن تساهم الجمعية المحلية بسهم على الأقل .

الغرض من الجمعية :

١ ــ مساعدة الجمعيات المحلية على مستوى المركز فى بحث مشاكلها وحلهـا وعلى وجه الخصوص من النواحى التخطيط والحصول على الأراضى .

٢ ــ المساهمة فى توفير وسائل تمويل الجمعيات المحلية .

٣ ــ التوجيه والإرشاد والتدريب التعاونى للجمعيات المحلية .

٤ ــ الاستعانة بالكفايات اللازمة الهندسية والمحاسبية لخدمة الجمعيات المحلية .

٥ ــ الرقابة على أعمال التحصيل .

٦ ــ الاستعانة بالإمكانيات المحلية والتعاون بين الهيئات التعاونية وغيرها بالمركز .

مجلس الإدارة :

تسعة أعضاء ستة منهم بالانتخاب المباشر وثلاثة أعضاء بحكم مناصبهم هم مأمور المركز ومهندس الإسكان وعضو ممن لهم خبرة بالتعاون تختاره الجهات المحلية وتعتمده المؤسسة .

الجمعية العمومية :

من جميع أعضاء مجالس إدارة الجمعيات المحلية المنتخبون ويراعى فى قراراتها وإجراءات انعقادها ما نص عليه القانون ٣١٧ لسنة ١٩٥٦ والقرارات الوزارية المنفذة .

المصاريف الإدارية :

يخصص اعتماد مالى بميزانية المؤسسة المصرية التعاونية للاسكان لمواجهة المصاريف الإدارية لهذه الجمعيات كإعانة من الدولة .

وتكون لائحة النظام الداخلى للجمعية مطابقة للائحة النموذجية مع التعديلات الموضحة بعاليه وتطوير البنود المختلفة بما يلائم هذه التعديلات .

الجمعية التعاونية المركزية للاسكان بالمحافظة

الاسم :
الجمعية التعاونية المركزية للاسكان لمحافظة(. . . .)

العضوية :
جمعيات مراكز المحافظة .

رأس المال :

من أسهم قيمة السهم أربعة جنيهات تدفع مرة واحدة ويشترط أن تساهم جمعية المركز بسهم على الأقل

الغرض من الجمعية :

١ — مساعدة الجمعيات المحلية وجمعيات المراكز على مستوى المحافظات فيما يخرج عن طوق جمعيات المراكز

٢ — مراقبة النشاط التعاونى فى مجال الإسكان بقرى المحافظة وتذليل الصعوبات والاتصال بالمؤسسة للتوجيه اللازم وتنسيق العمل وتذليل ما يعترضه من عقبات .

٣ — تسهيل وتوريد كل ما يلزم كافة جمعيات الإسكان بالمحافظات من مواد البناء وغيرها .

٤ — المساهمة فى تمويل جمعيات الإسكان بالمحافظات .

٥ — التوجيه والإرشاد والتعليم التعاونى بجمعيات الإسكان بالمحافظات .

٦ — وضع خطة البناء والشروط الواجب اتباعها سواء فى القرى القديمة أو فى امتدادها بما يحقق الخطة العامة لإعادة بناء القرية .

مجلس الإدارة :

أحد عشر عضواً منهم ستة بالانتخاب وخمسة بحكم مناصبهم هم مندوب عن المحافظة ومدير مديرية الإسكان ومدير الشئون الاجتماعية ورئيس مديرية التموين ومندوب عن المؤسسة المصرية للعامة التعاونية للاسكان يتولى السكرتارية العامة .

الجمعية العمومية :

من جميع أعضاء مجالس إدارة جمعيات المراكز المنتخبون ويراعى فى قراراتها وإجراءات انعقادها ما نص عليه القانون ٣١٧ لسنة ١٩٥٦ والقرارات الوزارية المنفذة

المصاريف الإدارية :

يخصص اعتماد مالى بميزانية المؤسسة المصرية التعاونية للاسكان لمواجهة المصاريف الإدارية لهذه الجمعيات كإعانة من الدولة .

وتكوين لائحة النظام للجمعيات مطابقاً للائحة النموذجية مع التعديلات الموضحة بعاليه وتطوير البنود المختلفة بما يلائم هذه التعديلات .

TABLE 2.—Total expenditure portions (8 percentages) spent by different income groups on different categories of goods in the primary, secondary and fringe areas.

Income groups (annual income)	On foodstuff				On drugs				On apparel				On home furnishings				On services and miscellaneous			
	perce-ntage %	Prim. area	Sec. area	Fri. area	perce-ntage %	Prim. area	Sec. area	Fri area	perce-ntage %	Prim. area	Sec. area	Fri. area	perce-ntage %	Prim. area	Sec. area	Fri. area	perce-ntage %	Prim. area	Sec. area	Fri. area
Less than 180 E.L.																				
181-360 E.L.																				
361-720 E.L.																				
721-1320 L.																				
1320 E.L.																				
Total	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	13	19	20	21

Total Expenditure in Primary area...	3+7+11+15+19
Total Expenditure in Secondary area	4+8+12+16+20
Total Expenditure in Fringe area...	5+9+13+17+21
Total	

*The percentage here is of the whole income per family in each income group.

TABLE 1.—Calculation of total incomes for each income group in the primary, secon dary, and fringe trade areas (suggested by the author)

Suggested Classification of income groups. (annual incomes)		Primary Area		Secondary Area		Fringe Area		Total income for the whole income group in the 3 areas	Total number of families in each income group.	Average income per family in each income group.
In U.S.A.	In Egypt.	No. of families	Total income	No. of families	Total income	No. of families	Total income			
< 1500 \$ (ʃ 6500 S.Fr.)	< 180 E.L. (ʃ 2300 S.Fr.)									
1500-3000 \$ (ʃ6500-13000 S.Fr.)	181-360 E.L. (ʃ 2301-4500 S.Fr.)									
3001-6000 \$ (13001-26000 S.Fr.)	361-720 E.L. (4501-9000 S.Fr.)									
6001-8000 \$ (26001-34000 Fr.)	721-1320 (9001-16600) Fr.									
> 80003 (ʃ > 4000 Fr.)	> 1320 E.L. (ʃ > 16600 Fr.)									
Total										

fountains and greenery, and turning away from the blazing heat outside.

—The buildings should be grouped close enough together to overshadow each other, this resulting in a considerable reduction in temperature.

—Cantilevered overhangs or adjacent colonnades should be provided along the store to give shelter against the sun and reduce the annoying veiling-glare of the show windows (see Fig. 9, 10 and 11).

—A compact, multi-storey, enclosed type of mall is the most recommended, whether it is a direct development of the oriental bazaar with its lofty height, thick walls and top ventilation, or a modern design covered by R.C. shells or trusses, having its climate controlled artificially by air-conditioning. In the former top skylights and clerestorey windows are essential for ventilation and daylight.

—The long cool summer nights encourage night shopping, which could be real fun, and pleasure for the whole family to enjoy together.

—With such night shopping it is recommended that the centre should include open-air cinemas and cafés, contributing to the consumers' convenience and inducing more impulse buying in the centre. Similarly, roof gardens are recommended to be used as summer night resorts ; at the same time they are a good roof insulation.

—Trellises and perforated and breathing walls are recommended to diffuse the high intensity of light and for ventilation.

—Although artificial light is preferred to illuminate the sales area by night and day, in Egypt, where almost very day is sunny, much expense can be saved by adopting elaborate diffused daylight illumination.

8) Aesthetical Treatment :

Unity of the centre : This does not imply a monotonous, inadequate standardized treatment for all stores. It should be an architecturally unified overall framework, strong enough to allow within in the individual designs of tenant stores, while still moulding them into a unified whole. Unifying elements could be : continuous roof lines, colonnades, arcades, use of one facing material, etc...

Character of the centre : The shopping malls and plazas should be designed, dimensioned, and treated so as to look always busy and animated, giving the consumers a sense of "enclosure" and "intimacy" and a feeling of safety, leisure, gaiety and amusement.

Store-front treatment : Store fronts should have unity, simplicity, flexibility and contrast. The latter gives the store front interest and attracts the shopper's attention.

Show Windows : They should be flexible and easily changed in size and treatment to suit displaying of different articles. Thus the store front should be free of columns to make such flexibility possible. The show window should also be protected against veiling-glare, either by using special glass or by special design of canopy and awnings. Artificial lighting of the window must be adequate, flexible, adjustable and shielded from the eyes of the shopper. The principle is : bright illumination of the goods, contrasted against a less brightly illuminated background of neutral colour.

Signs : Location, size and colour of store signs and letterings should give diversity and variety, but still within a frame of unity and order (unity in diversity). These factors should be controlled by the architect-planner of the centre, in order to have such a unified appearance integrated with the whole design.

Sculpture, murals and reliefs add beauty and contrast to the centre's building complex. They should be gay, colourful, and amusing. Their locations, appropriate sizes, and appropriate accents should be controlled by the architect of the centre. His task is to fuse merchandising, architecture, art and landscape into one integrated whole.

single-pull scheme the magnet is located in the hub of the centre surrounded by the small traffic user stores. In a double-pull or triple-pull scheme the magnets have end or hinge locations, and the non-magnet stores are located between them to benefit the pedestrian traffic passing between them.

—A very favourable grouping is that which creates a closed-ring circulatory pedestrian flow around all stores.

—Foodstuff stores and supermarkets shuold be located on the outer extremities of the centre, where there is more adequate open space to permit their combination to the green-grocery and fruit open market (such combination is traditional and has been found convenient in Egyptian shopping districts). This foodstuff combination might be located in a separate nearby satellite centre.

—The department store has the most important position in the centre. Its estimated sales area (for an Egyptian community centre) is 18-24 % of the total net sales area of the centre (RA). Adjacent to it a large number of small luxury and impulse goods stores should be located. The apparel stores should also be grouped together and located near the department stores.

—Pharmacies and drug stores should have a corner location directly accessible and clearly visible from the surrounding roads.

—Service stores should have unimportant locations, for example, basements.

—In order for a vital and beneficial competition to occur in the centre, there should be at least two of each type of store.

Main Principles That should be Considered in the Designing Process :

—With its commercial functions, the centre should combine other community facilities: social, medical, cultural and recreational. Some of these activities, such as offices, clubs, libraries, medical clinics, cafés and cinemas could be located on the floors above the stores. Shopping always benefits from such combinations.

—The centre should have a sort of automation centre well integrated to give a fairly complete selection of the important articles one needs in the evening and at the week-ends, when all the shops are closed.

—In case of future extension, or when the centre is built in stages, it is very important that at each stage it should be fully integrated and complete in itself, and at the same time flexible to allow the proper addition of the next stage.

—The plan of the centre should be based on a suitable uniform grid, which allows great flexibility in both the width and the depth of the store and facilitates future extension and variation of the stores.

—The height of the main sales floor should not be less than 4.80 m. for good ventilation. It also gives the store more room to expand vertically by a mezzanine floor, which could be added later on.

—In order to encourage inter-shopping and in order that the centre shall not lose its intimacy, the width of malls should not exceed 12-15 m. Also they should not be monotonously long—the maximum walking distances should not exceed 100-120 meters.

—Pedestrian malls and plazas should be designed and equipped so that they can be used as places where attractions, shows and outdoor festivals can take place.

Climatic Consideration :

—The basic pattern recommended for Egypt's hot weather is the "inner court" pattern, having the stores facing inwards a cool, shaded inside area with pools,

Separation Between Pedestrian Shopping Traffic and Motor Traffic.—This is achieved firstly by excluding all types of motor traffic from the pedestrian shopping malls and secondly by providing overpasses or underpasses leading the pedestrian directly to the centre without any need to cross dangerous motor traffic streets (see Fig. 8).

Delivery and Service Truck Traffic :

—This should be separated from all other types of traffic in the centre. With the strip pattern centre, this is attained by either limiting delivery to non-shopping hours or by separate accessible back delivery truck roads or screened back service courts.

—For mall and cluster patterns another method might be recommended by having the delivery truck road either above or below the sales area. However, in the Nile Valley, tunnel truck roads are unfavourable due to high underground water level.

—The principles of proper delivery are: screening from the eyes of consumers, ease without loss of movement and time, one-way flow, and maximum safety for both truck and building elements.

Private Car Traffic and Parking :

—By dividing the transportation (TA) by 35 m^2, which is the average area per small car stall (with allowance for spacing between cars, access drives, etc.), then the number of parking stall could be determined.

—The parking area should be subdivided into smaller lots, each with an organized entrance and exit to allow a smooth circulation flow.

—The department store, apparel and luxury stores (the only outlets attracting motorist consumers in Egypt) should get more parking spaces as close at them as possible.

—In case of a centre erected for a reconstructed community located in Cairo or Alexandria city proper, the parking area should be compactly designed, being either provided in basements under the stores or above them or in an adjacent multi-storey parking garage. Another practical solution suitable to Egypt's hot climate is to raise the centre wholly or partly on columns, leaving the ground floor to be utilized as shaded parking and green areas.

Public Transport :

—It is a good thing to combine the main shopping centre of a community with its bus, motor or railway station. Such public transport should be kept separate and access to it provided by safe walkways from the pedestrian areas of the centre.

—Loading and unloading stops should be visible and sheltered by sheds or colonnades.

7) Designing the Centre :

From the previous steps the essential data and primary studies are developed. In this step the process of designing and planning the centre is as follows :

The Merchandising Plan (or Grouping of the Different Types of Stores) :

—Stores are divided into two main categories : the traffic pullers (magnets) such as the department store, apparel store and foodstuffs store, and the traffic users such as the small stores dealing with impulse and luxury goods.

—In principle the store arrangement should be compact, allowing the greatest interplay among the stores, exposing them all to the maximum pedestrian traffic and eliminating poor store-location. To attain this several suitable arrangement schemes should be tried. In

can be clearly understood if we compare two extreme cases : one is the case of an open desert location in Asswan of very cheap land price, allowing a one-storey centre with no basement ; the other case is of a centre for a reconstructed community in Cairo city proper where the land is very limited and expensive, suggesting a compact high-rise centre.

The aim of the land-use plan is to fit the total required area (GA) into the site area (SA) properly. GA is composed of the following subsidiary areas :

1. *Gross building area* (B) = Gross sales area + non-retail commercial areas included in the centre, such as offices, cinemas and medical clinics. BA can be in one or more levels.

2. *Spacing area between the structures (SPG) :* usually assumed to be equal to the gross building area on the ground floor only (BAB).

3. *Transportation area* (TA) is the parking area plus private car movement and public transportation areas. TA is usually calculated by multiplying the net sales area (RA) by an empirical local parking ratio. 0.2-0.3 is the estimated parking ratio for Egypt considering the motorization conditions in the urban areas. TA can be on one level or distributed on many levels.

4. *Buffer and green area (BUA)* are the green and recreational areas, and areas reserved for future extension.

Several different land-use plans should be made ; the rule governing them all is that SA = BAG + SPG + TAG + BUA. The most suitable plan will be that which takes into proper consideration the limitation of the site and by-laws governing the heights, spacing between the buildings, basements, etc...

5) Choosing the Centre Pattern :

—*The Strip pattern* is suitable for extended elongated sites. Service traffic could be at the back, while parking could be in front of the row of stores.

—*The L-shaped pattern* is suitable for sites located at two intersecting roads.

—*The pedestrian covered mall pattern* is the most suitable for community shopping centres in Egypt. Stores face a cool, shady inner pedestrian court from which all kinds of motor traffic are excluded, and have their backs to the motor traffic and the blazing heat outside. Such a pattern is a sort of modern version of the traditional old Oriental Bazaar, see Figs. 2-4 and compare with the modern covered mall shopping centres, Figs. 5, 6, 7, 12.

—For a big centre erected to serve a reconstructed community in the city proper, *a compact high-rise cluster pattern* (integrating high buildings with low ones) is the most suitable. One or more downtown department stores are the main magnets, located at the hub of the centre, and surrounded on all sides by covered shopping malls and courts for pedestrians.

6) Analysis of Traffic and Communication Problems :

Most shopping in commercial districts of Egyptian town is done on foot. Only a very small percentage of the population goes shopping by car. This is because the number of cars per 1,000 inhabitants in the Egyptian urban areas is only 14, which is still very low.

The parking ratio $\frac{\text{Transports \& Parking Areas}}{\text{over sales area}}$ suggested for these Egyptian conditions is 0.2-0.3 (1), taking into consideration the expected future increase in the degree of motorization due to industrialization, the consequent higher standard of living and the motor car industry which has already been established in Egypt.

(1) Such ratio can be attained in L-shaped and U-shaped patterns of shopping centres having front parking.

obtained by multiplying the number of families in each income category by the appropriate average expenditure per family on this line of goods and adding the products together.

The annual income increase during the next ten years should be considered (in Egypt it is estimated to be 2 % of income yearly).

4. Owing to the competition of shopping outlets existing nearby, and the main downtown shopping centre, an empirical discount percentage should be subtracted from the total expenditure in the trade area upon each line of goods. Such empirical discount percentages can only be worked out from local questionnaires designed to discover where the population in the trade area usually buy each line of their consumption goods. For example, the estimated percentages expected to be spent in a community centre in Heliopolis were as follows for five main lines of goods

Line of retail goods	
Food and drink	18%
Apparel and shoes	24%
Drugs and health	20%
Household needs and furnishing ...	60%
Services and miscellaneous	20%

5. Once the total annual expenditure on each line of goods spent in the centre is known, it is itself the annual turnover of the stores in the centre dealing with this line of trade. By dividing it by the local average annual sales per m² for this line of goods or type of store (2), the net floor sales area for his line is determined.

6. The total net sales area (RA) of the whole centre is the sum of the net sales areas of each line of goods.

The Gross Sales Area is simply determined by multiplying RA by 5/4 (for storage and delivery areas).

7. The sales area for each line of goods is then subdivided in detail into the types of stores which are usually included under this line locally. As a whole, the centre should provide the community consumer with a complete selection of all his consumption goods.

3) Site Selection :

—As a principle, in choosing the site for a centre (also for any big building group) fertile land should be avoided, as this is so limited in the Egyptian region (1), being reserved for agriculture.

—Location on express highways should be avoided.

—The site should be easily accessible from at least one residential road. It is better if it is accessible from two roads.

—The centre should be located so that the surrounding areas are free from strong retailing competition.

—From the very beginning the maximum area required for the complete centre at its full development and with its maximum future extension including buffer and green areas should be acquired and reserved. However, in the case of a very high-priced location the area can be reduced to a minimum if a multi-storeyed centre pattern is adopted.

—The site should be one piece, undivided by any road, ditch or brook, and should have no acute angles.

—It should have adequate necessary utilities such as water, sewers, and electricity.

4) Land-Use Plan :

This depends mainly upon the location of the centre and the price of the land. This

(2) These average annual sales per m2 (turnover per m2) should be taken from current statistics or by sample surveys.

(1) Fertile land is only 1/30 of the total area of the Egyptian Region. In Switzerland the productive land (pasture and agricultural land) is 76.4 % of its total area (see "L'Office Suisse d'Exposition Commerciale").

ing distance). The centre provides the consumers mainly with selectivity goods, such as clothes, shoes, radio and household appliances and some luxury goods. The key tenants are one or two branch department stores.

Several neighbourhood shopping centres: Each serves its own neighbourhood and is located near its primary school. Walking distances to it should not exceed 300-400 m. (5-7 minutes). It provides the consumers with convenience and demand goods. The key tenant is a supermarket or a fruit and vegetable market.

Several shopping subcentres: Each subcentre is composed of 3-5 shops serving the nearest residential unit with daily and foodstuff goods (groceries, green-groceries, milk products, meat, etc.).

—The commercial areas required by each of the community and neighbourhood shopping centres can be roughly estimated on the basis of a local empirical sales area per capita. But this can only be known and safely used after much experience has been gained in the field of planning shopping centres in Egypt. So it is recommended that questionnaires and thorough surveys should be carried out at the established centres every five years and that the data gathered should be analyzed by experts to deduce some empirical figures for different communities of different standards of living, different buying habits and different degrees of motorization (2). Such detailed data will be of great help for the process of planning.

However, to calculate the exact area required by a centre one should follow exactly the economic analysis as discussed in the next step.

(2) Such empirical estimated figures for a community in Heliopolis of average annual income per family are ~0.47 m2 per capita for the neighbourhood shopping centres, and ~0.45 m2 per capita for the community shopping centre.

2) Economic Analysis :

Economic analysis and the settling upon a centre's site are two steps that should be handled simultaneously and repeatedly, for it is only after economic analysis that it is possible to see if the centre could attract enough trade potential to justify erecting it at the suggested site or not. If not, then another site or sites should be tried until the one giving the highest potential and the most convenience to the consumers is settled upon.

Once a location for the community shopping centre is chosen, the economic analysis will proceed as follows :

1. The boundaries of the trade area around the centre should be determined, taking into consideration the natural topographic and geographic barriers, the maximum convenient walking (700-900 m.) and driving distances, and the competition of nearby shopping centres or old shopping districts.

2. Then the number of families in the trade area should be calculated, plus an allowance of 30 % for the expected future growth of population in the next ten years. These families should be classified according to their annual income level. The average annual income for each category should be determined from the current census, or by sample surveys and questionnaires. (The tables suggested for making such calculations are shown in tables 1 and 2).

3. By the same method the percentages of income expended on the principal lines of retail goods for each income category are determined (1). From this the total expenditure on each line of retail goods can be

(1) Estimated percentages of family income on 5 principal lines of goods—calculated for a community in Heliopolis of average annual income per family 360-420 L.E. are as follows :

Food and Drink	33%
Apparel	10%
Drugs	5%
Household needs and furnishing	4 1/2%
Service and miscellaneous	3 1/2%
Total	56%

An architectural design without analysis is very risky, because it is altogether unrealistic.

I hope this research will be a sort of a guide to planners and architects and help them to plan more successful shopping centres based on sound economical analysis, and which can serve the newly built settlements communities and housing projects efficiently.

THE MAIN LINES RECOMMENDED FOR PLANNING COMMUNITY SHOPPING CENTRES IN THE EPGYPTIAN REGION.

Growth of Urban Population in Egypt.

Egypt :

The urban Egyptian population (living in cities and small towns) increases very rapidly. While it was four million in 1937 it increased to 5.9 million in 1947 and it became 7.95 million in 1957. Up to 1975 an average normal increase of about 3-½ % of the urban population (due to birth and emigration) is expected annually, that is to say about 0.3 million persons. Further, due to the important first and second five-year industrialization programmes (under execution now) it is also expected that there will be a wave of emigration of the rural population from the countryside to the urban or urbanized areas where the new industries are located.

All these people will need dwellings. So the government has devoted 100 million L.E. (about 1,200 million Swiss Francs) to housing projects in the second five-year programme. These new dwellings are provided either as new communities in the suburban development areas of old cities (such as Mokattam and Nasr, new suburbs in Cairo), or as whole new towns in the newly industrialized and developed regions, such as Aswan, Sad-el-Aali and Kattara Depression regions.

In order for each of these new communities to function well economically, it should have an integrated shopping pattern correctly located and planned, in relation to residential zones and other communal facilities.

The main lines recommended for planning a suitable shopping pattern for such a new Egyptian community are mentioned in the following steps.

1) Town-planning Considerations :

—The rapid urban and housing development should be controlled through well pre-planned regional or master plans and the necessary by-laws, especially in the case of the extension of our old cities such as Cairo and Alexandria. These plans should indicate precisely the location of the commercial zones with respect to residential and other zones. Shopping centres and any other big shopping outlets should be built only in these commercial zones. Any attempt to change the zoning from residential to commercial should be strictly prohibited. Otherwise, these new communities will develop, in a haphazard and unplanned way, into future slums.

—A new community should accommodate from about 10,000 to 20,000 persons, taking into consideration a minimum future increase in its population of about 30 % in the next ten years. The plan of such a community should consist of a cluster of neighbourhoods, each accommodating about 5,000-12,000 persons. Each of these neighbourhoods, in its turn, is composed of residential units, each accommodating 1,000-1,500 persons.

A suggested plan should be carefully developed to organize the location of the following types of shopping centres ((which must exist in a new community) (1) :

The Main Community Centre : This services the whole community and is located at its centre. It can be combined to the main community railway station or its bus terminus. All residents should be within a radius of 700-900 m. from the centre (not exceeding a twenty-minute maximum walk-

(1) The organization of the different types of shopping centres here is based according to the 4-tier system of shopping distribution in a modern city. See fig. 1 a and 1 b.

THE MAIN LINES RECOMMENDED FOR PLANNING COMMUNITY SHOPPING CENTRES IN THE EGYPTIAN REGION

By

Dr. A. KAMAL ABDEL-FATTAH

Lecturer, Architectural Department, Faculty of Engineering, Ein Shams University.

INTRODUCTION

A modern shopping centre, scientifically defined, is "a carefully selected group of stores or department stores with a calculated selling floor-area, planned, developed and managed as a unified unit, to serve conveniently and intimately the consumers living in a defined residential area, whether they come on foot or by car." This means that the centre is an important, indispensable element of a settlement, intimately related to and integrated with its residential zone and also its other industrial, cultural and recreational zones. In this broad sense, planning shopping centres is one of the main town-planning problems which must be understood, analyzed and solved for every developing country.

It is just the time now to stop handling our planning problems in a quick haphazard way without sufficient good analysis or real constructive thinking. The only way to the right solution of a problem is a programme of three interlocking items: deep scientific analysis, persistence on an ideal genuine solution and not any solution, and thirdly a broad minded approach to the problem, relating the part to the whole, beginning with the whole and ending with the detail.

In my research about "Community Shopping Centres", which I had prepared for the Doctorate Degree, I have aimed at developing an analytical systematical method for planning an integrated shopping centre for a community (urban or suburban) of 20,000-40,000 inhabitants. Here I am trying to give briefly, but clearly the modified successive steps for planning urban or suburban shopping centres for the many new communities which are being erected or projected now-a-days on a large scale all over the Egyptian Region, taking into consideration the local Egyptian conditions in the development areas.

The process of planning a shopping centre can only be successfully carried on by teamwork, and a fully integrated collaboration between architect and economist. The job of the economist is to detect, forecast and evaluate the following items:

1. Expected total trade volume that would be attracted to the new centre (from this the net sales area and the total gross area of the centre could be determined).
2. What types of stores are required in the new centre? What will be the sales volume per type? How many stores per line of trade? and how would these types of stores be distributed in the centre to give a good merchandising plan?
3. The financing requirements.

The job of architect and planner is to handle the architectural and town-planning problems so as to design the most efficient, appealing organic and economically sound shopping centre for this evaluated potential.

by the state are augmented plus the past estimation that will be covered up by the increase in agricultural production.

The end

The rural reconstruction planning is based on the minimum living needs of the different sectors of society created by the new agricultural formations that aim at the maximum production on the basis of the state agricultural policy. This finds its expression in the regional planning which determine the basis of village planning for the inhabitants that could be supported by the land. The number in excess will be provided for by the national planning, industry, agricultural expansion or immigration. The picture of rural housing is completed with the industrialisation of the building materials of the different housing units whose elements are determined by the minimum living needs of the new social formations.

This is done on the basis of a comprehensive understanding of the peasants after preparing them for the reconstruction. We cannot give the peasant the good house if all his conditions do not help him to maintain this house in good shape. Otherwise the drama that has been accumulated by ages will reinforce itself. The planning and housing project is a project of human development that cannot be built on the fixed reality but on the possibilities of human developments and evolutions. In the light of this reality the stages of planning and housing are determined either in short or long range planning. Planning and housing is a complex matter. The various elements that constitute them must find their completion. These comprise the realms of economics, society, health, culture and nature. On the basis of these, the society can build itself.



Supervising Committee. The number of those working in the preparation and execution amount to 1,000 architects helped by 2,000 drawers and supervisors. On the level of county, a planner would be appointed helped by a social specialist and agricultural specialist and three members of the Socialist Union will aid them. They will all be under the supervision of the president of the Town Council who is responsible for all the villages of the county. On the governorate level a committee is set up of a planner helped by the social supervisor of the governorate, its agricultural supervisor, and five members of the Governorate Council. The committee will be under the supervision of the governor. This committee will have direct access to the executive central organism of village planning and that has among its members various responsible officials in the Ministries of Housing, Education, Health, Industry, Communications, Social Government, Agriculture, Provisions and Treasury. The central organism in its turn draws the general policy and the executive steps for the rural reconstruction on the basis drawn by the state.

The various assessments will be carried out through the committees of Planning which will then be taken up to the Planning organisms in the centres of Planning to draw up the various plans for the villages to be approved by the High Committee of the Governorate.

The role of enlightment in Rural Reconstruction

The enlightment is not limited to the consciousness of the peasant of his responsibilities in the reconstruction and his consciousness of the problem. It outstrips them to his enlightment of the means of living that would secure the life of the new building. Education plays a large part in this direction. The conditions and the developments of the problem make it impossible to wait for the new generation so as to perform its role in rural reconstruction. The enlightment should overwhelm all sectors of the rural society, mobilising for this all the means of enlightment and propaganda as well as the Socialist Union to perform its important role in this field. All this will help to reduce the price of building. The peasant himself takes part in building his house under the technical supervision of the state. It secures material help for the peasant in the form of prefabricated architectural materials of unified measures and which are easily transported. The state also studies and applies the experiences of various states in building.

The peasant is ready to accept the new if he finds the convenient alternative as has been proved in "Awasga" Sharkia. The villagers have understood the aim of planning on both the village and region levels. The problem then developed into the fundamentals of the rural house and their evolution in the light of the picture of this research. Also the role that the peasant can play in the various stages of reconstruction.

The increase of Production and Building

The cost of village reconstruction in 30 years has been estimated at 75 millions yearly. The expenses might decrease if the rural building industry were to evolve in the fashion already mentioned. Also if the peasant took a part in the reconstruction. The village regional planning for the various economic, social and national planning stages will raise the productivity of the land about 25% if the estimations of the economic specialists are true in connection with the collectivisation of ownerships and the application of the co-operative system in agriculture. The agricultural output is estimated at a yearly L.E.300 million. The estimated increase will amount to a yearly L.E.75 millions. This increase could cover the expenses of the reconstruction. The income of the peasant will benefit indirectly in wages and salaries. This may result in an economic boom in the country. It will also procure convenient housing for millions of labourers in the green valley. The reconstruction will be hence completed by an increase in production. The period could be made less than 30 years if the funds provided

the wood industry for making doors, stables or store rooms. The transformation will take place within the industrial centres of the planning units.

The Flooring

To the protective and carrying roofs correspond an equal surface of flooring that is basically formed of a simple concrete layer or of a mixture of earth and concrete called Candcrate. Hence the rural reconstruction needs about 7.25 million square metres of this flooring to be prepared on location.

The Openings

The production of doors and windows is centralised in the Industrial Rural Centres that serve each 100,000 individuals and which derives their materials from the different wood factories. The size of the industry of doors and windows is determined on the basis of the number of each of these in comparison with the size of the house. The latter needs about 4 doors and 4 windows at the rate of 15.3 % of the built surface and the width of the surface of the door measuring 2 m. 78 and the window 2 m. 1 at the rate of ... per individual. Added to this are the other appliances of ventilation at the upper edges of the walls which could be made of asbestos asphalt. The rural building project then needs about 500,000 units of windows yearly for the duration of the 30 years needed for the completion of the project.

The size of the doors and window industry depends also on the surface of the unit, which in turn depends on a number of factors as the amount of light and ventilation necessary and the executive details of these units. This is one of the subjective studies of the architectural factors of the rural house. As to the function of the window it could be limeted to light. It is small in size and is located high on the outer facades. The opposite is true of the windows on the interior yard. Ventilation could be secured in openings of about 25 cm. × 25 cm. at the top of the outer walls under the extension of the roof and is closed by means of a net of galvanised mash or of asbestos asphalt. The function of the window is limited to light.

In this general picture we could arrive at an estimate of the other side of the rural housing problem namely the industry of building. These estimates were made on the basis of the housing needs of a number of individuals that the land can support. The excess is to be dealt with in the national planning of the state.

The Period of Preparation for the rural reconstruction

Though the regional planning, the village planning and the building industry are of great importance in the rural housing problem the decisive factor, is no doubt the consciousness of the peasant of his problem and the extent of his co-operation in the reconstruction. On these basis, the program regulating the reconstruction in its preparatory stages could be put. This will last about 5 years of studies of the reconstrucion and the preparation of the necessary organisms for the assessing, planning, execution, education, and training. Putting the regulatory rules of the enterprise in its various stages will also be dealt with in this period. In its preparatory stage, research on planning could be made on the basis of the different outlooks for village planning either within the range of the total village or that of the planning units with all it has of housing blocks. Here appears the importance of the Pilot Projects in rural building.

The Executive Organism for Rural Housing

The size of the technical organism for the new buildings, on the regional divisional basis for execution, is determined. If we consider the planning unit a fundamental unit in this division, we shall need about 100 planning supervisors at the rate of one supervisor per planning unit to be helped by 1,000 social supervisors and 1,000 agricultural supervisors. Three of the members of the village council for the planning unit will take part in the

wall building. These facts should form the basis for determining the different roof-units industrialisation.

The roofs differ with the manner of their construction and the materials that are used whether bricks, tiles, reinforced concrete or concrete units that have already been poured. A great deal of experiments were made so as to decrease the use of reinforced iron and concrete. Hence arched sheets of simple concrete of about 50 cent in width and 3.5 m. in length are used. They stand on small beams which in their turn stand on the main beams. Hollowed reinforced concrete of 3 m. 5 may also be used or else units of plaster reinforced with reeds may be used. Asbestos asphalt could be used for embellishment or for protection.

The size of roof construction materials industry is determined on the basis of the average surface of roofing per individual and the size of primary materials used in this industry. The places of its industrialisation depend on the sources of the primary materials and the nature of the industrialised materials and their marketing.

The element of weight in industrialised material bearing a weight on its transportation, the function of the roof whether for protection or embellishment, should be determined and the necessary elements changed to adapt it to the use decided on.

If we take as basis the village of "Shatanouf" and its average house surface 2 m. 85 and build on it the surface roof estimation of the productive roof, and that of the carrying roofs, we find that the average carrying roof is about 1 m. 40 and 2 m. 9 per individual and the average surface of the protective roof is about 2 m. 25 at an average of 2 m. 5.5 per individual.

This means that the rural reconstruction in 30 years needs about a yearly 4.5 millions metres surface in prefabricated carrying roofing and about 2.75 million metres of prefabricated protective roofing.

Because this industry is connected with that of concrete and the sources of sand, it could make big industrial centres along the valley in Upper Egypt or on the borders of the Sharkia and Garbia in the Delta. This would decrease the unemployment in the green valley. The number of industrial centres depends on the industrial potentiality of the region and also on the relationship between the centres and the sources of its materials as well as its centres of distribution. The industrial centres may include some of the other building industries as some kinds of light woods. The latter could use as a primary material a large alternative fuel could be devised.

The statistics on different roof building materials in "Singerg", Manoufia, the "Rabaamea", Sharkia, and "Nagaa el Kava" is as follows :—

Modern buildings does not use these materials. The wooden beans could be used in

Village	Wooden beans plastered	Wooden plants and beans	Palm stumps plastered	Without roof
Singerg	88.3%	7.5 %	3.6%	6%
El Rafeamea	97.5%	2.54%	1 %	
Nagaa el Kara	15.6%	2.3 %	74.2%	5%

industrialisation of the materials into better products so that the pulling down, industrialisation and the building are done at the same time. The High Dam will limit the amount of clay in the Nile water. The present building materials will make up for the deficiency. In Dahshour the mud bricks buildings amount to 80 % of the buildings, in "Kanawat" they reach 65 %, in "Nagaa el Kara" (Aswan) in Upper Egypt, they amount to 89 % in "Rabaamea" (Sharkia), they reach 97 % in "Sangery" (Manoufia" they go up to 90 % and finally in "Shatanouf" Manoufia, they reach 99 %.

Mud in Building

The use of mud as a new building material is still a compromising issue. The mud is a material that is good for isolation. It is easily moldable and quite inexpensive. It has been used experimentally in the new constructions. It was highly recommendable in the village of karsha. The mud however has some shortcomings, it is weak and is highly influenced by the natural elements such as winds rain subsoil water. It has been highly successful in Upper Egypt but not in Lower Egypt. Mud building cannot moreover, support the modern roofing. It is also difficult to use mud as an element of building in regions that are below the contour line 4 m. above the surface of the water because of the sub-soil water. These areas constitute 50 % of the Delta. Mud buildings, as has been proved by experience, do not fulfill the security requirements in the country. As to the physiological side, the eternal attachment of the peasant to the mud is an obstacle to his development. It has a great effect on his present house groupings and his environment. Hence the necessity of a total change, in spite of the various qualities of the mud as a building material.

If the mud from the old village is to be used to build the walls, a way of changing it into a better product must be divised. It could be mixed equally with sand or concrete amounting to 102 could be added to the mud. The mixture would then be pressed into moulds. This is called landerat. Lime in the same amount could supplement concrete. The resulting product will be stronger in resisting dampness and will be less expensive and if lime is an element poor in attachment the moulds could be put in a mixture of concrete and water. If the necessary of sand is not available the mud bricks should be burnt to turn them into red bricks. The land could be made more solid by mixing it with mazout or diatol if the pressing and mixing machinery were available. The price of mud brick mixed with concrete amounts to L.E.4.010 a thousand bricks which is a little less than the red bricks whose price is L.E.4 and 50 per thousand units. Materials such as rice straw or plant stalks with a certain amount of concrete or some other chemical to make it more solid. All this depends on the weather, the land and the convention of the region.

To make the building easier and more quick the new building material could be made into cubes of 2.5 cent. This unit would be the determining factor in the measures of the various elements that make the rural house as has been done by the U.N. Technical Assistance Board in Libya. This is one of the fundamental basis of the building industry.

In "Shatanouf" the average space per house amounts to 2 m. 85. Such a house needs 3 m. 36 in walls that will take 2,520 units of cubes (25 cm. × 25 cm. × 25 cm.). The average number of the family living in such a house amounts to 4.5 the number of units per individual amount to about 550 units, which means that the planning unit in this region and whose population amounts to 15,000 individuals, is in need of an industrial unit with a production capacity of about 275,000 or 300,000 cubes a year if the comprehensive reconstruction of the country will take 30 years. Hence the size of the industry is determined on the basis of estimating the planning units to be about 1000 units.

The Roofs

The problem is different in connection with the building material of the roofs because of the lack of the primary material in the country. Roof building differs from that of

sense of life. The life of the urban dwellers is spent between walls which makes for the orientation towards the outside in windows, balconies and opened spaces. This is one of the laws of nature that opened spaces. This is one of the laws of nature that depends on the element of contradiction in its different aspects. The main streets that connect the various housing units of the village with its centre on the one side and the fields of work on the other side, should not lose their scale in connection with the one-floored buildings on their sides, at the same they should feel their way along the main streets of the village so that the village may not lose its planning type. As to the streets of the district or the housing blocks they take their way straight to the centres of activity in the village, the assembly hall, the mosque, or opened play-ground. As to the servicing streets, if they are to be found, they should take their way directly to the fields so as not to lose their main function as has been made clear by previous experiences.

The Planning Aspect of the Village

The planning aspect of the village is based on the peasant and his society who influence greatly the picture of the general planning of the village, its districts and sections. The rural aspect also derives its elements from the housing units that make up the natural nature of the village depending not only on the materials used but also on the natural, social and economic influences. These in turn determine the nature of the housing unit. The nature of the entrances of the roads, the streets, and the districts reflects the present aspects of the village and determines, at the same time, the special nature of the district and hence creates the special planning aspects of the village.

The Division of Housing Space

The different stages of the planning of the village will touch the whole nature of the village including its houses and ownerships. The executive steps should therefore be considered as one unit to be divided according to the modern planning which stipulates the different kinds of housing units and their different collectivisations. It then estimates the basic value of the sites of the housing units to make sure that the total basic value does not surpass the basic value of the built area in the present village. These sites could be distributed to their new proprietors after the assessing of their first ownerships. The evaluation would be based on the new value of the ownership. This way the inhabitants share in the value of the public services such as the roads, streets, and public squares. They must also take part in the construction itself. The peasant has shown a favourable reactions because of his appreciation of the technical and material aids the state offers in this field.

The Building Industry

The two sides of the problem of housing are the future of the village and the building industry. The future of the village has had a lot of attention but the building industry has received little attention. The building industry is divided into two parts. The first part includes the local materials for building the general frame of the house such as the walls, roofs and floorings. The other part includes the appliances such as the window and door units, sanitary appliances, heater, etc. The size of the building industry is fixed by the building needs and the different stages of their execution. The location of these industries depends on different conditions such as the nature of the productions and their distribution in the different construction areas. The elements of the working force, the energy, the financing and the subsidiary industries may be added.

The Primary Materials

The rural reconstruction is to be comprehensive and will be based on the rebuilding of the village. The village today is the main source of primary products. In the light of this fact is determined the study of the size of the primary products for the present building of the village and the possibilties of the

spendings are on the following items: beans, meat, fish, vegetables, sugar products, oil, lard, dairy products and cheese. The expenditure on clothes amounts to 8 %, on furniture 1/2 %, and on grains, starches and bread ingredients 20 to 30 %. The rest is spent on addictions health treatment, amusement, etc. The present picture of the trade services in the village gives us a basis for determining the size of the different shops in the village. In Sakana (Giza), whose populaion amounts to 11,432 (1960) we find the trade services distributed in this fashion:

16 groceries, 4 clothes shops, 2 barbers, 12 tailors, 2 shoes, 2 vegetables, 1 butchery, 2 bakeries and 11 commercial shops. The village has trade ties with the Badrashin which has resulted in its small number of shops. In "Kanawat" Giga (population 6,258, 1960) a rural town, the trade services are distributed as follows:

Shops	Number
Groceries	42
Tailors	8
Ironers	1
Shoes	3
Plumbers	3
Butchers	11
Vegetables	5
Fruits	3
Furniture	3
Concrete	3
Kerosene	1
Flour	2
Brass workshop	2
Animal food	5
Restaurants and cafés	4
Total number of shops	96

The rate is 16 shop per 1000 individual. Comparing this to "Dahshour" (Giza), population 11,768 (1960), we find that the shops in it are distributed as follows:—

35 groceries, 18 cloth shop, 10 barbers, 1 public bakery, 1 mill, or about 75 shops, or 15.7 shops per 1,000 individuals.

In "Shatanouf" (Manoufia), population 5,200, we find 65 shops or 13 shops per 1,000 individuals.

From these statistics we can assume the average number of shops in a village to be 75 shops per 5,000 individuals; distributed like in Kanawat and Dahshoud 50 shops go render the main trade center and 5 as subsidiary shopping centres for every 1000 individual of the different village districts.

The Industrial Units in the Villages:

Seeing that regional planning makes for an Agricultural Industrial Unit; the villages that depend on the central village should have some manual industries according to the conditions of the economic and social environment. The industrial unit in the rural town may comprise the following industries: dairies, weaving, yarning and spinning of wool, leather, palms, fish, carpets. It could also include some building industries like carpenting, blacksmithing and the production of ready-made units for building. The Industrial Units amount to 1,000 and the centres that service 100,000 individuals amount to 180 rural industrial centres.

The planning of the village and the different stages that it undergoes on all levels rural town, village ant "isbas" have been already dealt with the planning of the residential areas in the village is influenced by the work and house environment of the villagers. The tendency of rural planning is different from that of urban planning. The peasant finds in his opened-to-the-inside house whose openings are narrow on the outside, a contradiction to his out-of-doors life in the open fields. The housing block or districts are therefore based on the inward sense of life. The same outlook influences the general planning of the village whose life is oriented towards the inside. Hence the element of contradiction between the life in the opened fields and the enclosed villages and its housing blocks, is secured. This is contrary to what happens in the city with its outward

increase in surface in the present housing that could be directed to other uses in the village. That is without considering the possible change in population, as has been stated before, within the rural regional planning.

If we consider that the total surface housing in the new village is about 60 % of the total village surface, the surface of the village in its new planning will amount to 2 m. 130300 or 28.6 acres with the saving of 6.4 acres or 18.2 % of the present village surface this space could be made the centre of the village with all the services collectivised in it.

Appartment Buildings in the Country

There may appear in Shatanouf a new kind of housing with many floor if the elements of construction allow.

If the elements of construction allow it, a new kind of housing with numerous floors will appear in "Shatanouf". In this it will be similar to urban economic housing which comprises housing units that comply with the workers' needs in the services trade and direction. If we consider but one half of the necessary units for these constructions, that is 186 units per a villag like "Shatanouf" distributed on four floors we would get a space of (13950-548705) = 8463 sq.m.; or 2 acres that could be added to the central part so that it would reach 8.4 acres.

Educational services in the Village

The services of the village are then determined on the basis of the different needs. In the realm of education we find that the students from 6-12 in beginners schooling amount to 150 students per 1000 persons or that the village needs one beginners school for every 2,000 persons. The students in the primary schools amount to 40 students per 1,000 persons or that the country needs 1 primary school of 360 students per 9,000 individuals. The school is also considered as an athletic centre in the village.

It has been found that a large number of beginners and primary students go to town for their school. A matter that should be considered in planning so as to reduce the towns density of population. The employers, teachers and others working generally in the country should be encouraged to live in it, by procuring for them the suitable housing as well as making communication between town and country easy. Hence appears the needs of apartment building in the country.

Health Services in the Village

The village for its health services depends on the rural hospitals and the health units in the central housing units. This makes the health services distribution depend on regional planning.

Social Services in the Village

The collectivised unit that serves about 15,000 individuals is the centre of social, cultural and sanitary services of the planning units which should also include the administrative services. This does not stand in the way of having social centres in the villages that are dependent on the rural town as a centre of a planning unit. The rural town needs a veterinary centre, an agricultural illumination centre, other than a co-operative centre, a village bank, an assembly hall, a mosque which would all be united in a public square.

Trade Services in the Village

The trade services of the village differ according to their regional distribution and their distance from the town or the different weekly markets. The size of the trade services depends on the purchasing capacity of the villagers which in turn depends on their incomes. In "Bernsht" (Ayot country) "Om Kanaan", "ll Shoubek el Gorby" (Baderashin county), more than half of the families spend L.E.7 monthly and 35 % spend between L.E. 7-10, 12 % spend L.E.17 and 3 % spend L.E.33 a month. The average of spending ranging from L.E.1-2 a month, 30 % or 50 % of the

Village	Number inhabit.	Average number of floors	Surface village	Surface built in housing 75 % from the surface of the village	Surface of village	Surface per individual	Number of persons per house
"Nagaa el Kasa" Aswan	1850	1.2 that is 1.7 floors	7.50 acres	2 m. 125	2 m. 25280	2 m. 3.7	4.3 per house
Singerg Manoufia	7500	1.3 or 1.1 floor	56 acres	2 m. 114400	2 m. 125840	2 m. 16.8	6.9 per house
El Raameaa Sharkia	900	1.54 or 1.18 floor	6 acres	2 m. 18900	2 m. 22400	2 m. 25	4.4 per house
Shatanouf Manoufia	550	1.3 or 1.1 floor	5 acres	2 m. 110250	2 m. 121275	2 m. 22	6 per house

Number of Housing Units	Surface of Housing Units	Total Surface
14	2m.150	2100
21	2m.135	2835
40	2m.120	4800
127	2m.60	8220
276	2m.70	19320
127	2m.100	15070
93	2m.60	5580
186	2m.75	13950
93	2m.100	9300
New Housing Surface in the village 2 m. 72175.		

mea", Sharkia, "Dahshour" and Kanawat Giza 1, and in Sakara, Giza, the percentage is less than 1. This means that there are uninhabitated houses in a village like this. In "Awaga" 45 houses out of 530 are uninhabitated and the percentage of buildings for housing in it is 85 % of its buildings and these comprise 85 % of the surface of the village. The housing space then amounts to 72.25 % of the village.

Housing Space per Individual:

The space in housing per individual differs from one village to the other as is clear from the following chart on the basis of considering the average number of floors to a house and that the first floor occupies 33 % of the surface of the house.

The average persons per house in Shatanouf amounts to 6 the average space for individual is 2 m. 132. In Nagaa el Kara the average space of house is about 2 m. 59 and in Singerg it amounts to 2 m. 116 and in Rabasmea to about 2 m. 110.

The Size of the New Housing

If we look at the statistics of the numbers and sizes of housing units of different measures in Shatanouf, Manoufia, and if we add to them the measures in the following chart, we can determine the space of the housing on the basis of a house having only one floor.

If the number of individuals in the village amounts to 4335 after the excess over the cultivated land capacity is cut off. We find that housing surface per person is about 4.3 that the average new housing space amounts to 2 m. 72 and that it can reach 2 m. 85 if we add the space of the wall to each house.

From this it is clear that the average house surface in a village like Shatanouf Manoufia is about 2 m. 132. The average new housing surface is 2 m. 85. This means that there is an

137/25 % large housing unit of 3 rooms, services and yards.

372 93/25 % small housing units of 1 room and services.

186/50 % average housing unit of 2 rooms and services.

93/2 % of 3 roomed housing unit and services.

The size of the housing district in the village will hence be determined by the needs of housing in the different work sectors of the village.

In "Awasga", "Sharkia" (2,500 people), the families owing from 5 to 20 acres (because there are no larger ownerships in this village) need the following housing units :

A.—Family of 4 or less :

1 room 2 m. 15 — 2 rooms 2 m. 25 and 2 store rooms 2 m. 15 + stable 2 m. 15 + bath quarters 2 m. 4 + yards 2 m. 16 and kitchen 12 m. 14; the housing unit amounting to about 2 m. 100.

B.—Families of 6 or more :

1 room 2 m. 15 + 3 rooms 2 m. 35 + 2 store rooms 2 m. 15 + stable 2 m. 15 + bath quarters 2 m. 4 yards 2 m. 16 + kitchen 2 m. 14. The area of the housing unit reaches 2 m. 115.

As to the families that own each less than 4 acres or renters their needs are :

A.—Families of 4 or less :

2 rooms 2 m. 25 + storing room 2 m. 19 + matbane (room) 2 m. 12 yard 2 m. 16 + the bath quarters 2 m. 4, the kitchen 2 m. 4, the stable (if there) 2 m. 15. The space of the housing unit reaches 2 m. 85.

B.—Families of 6 persons or less :

3 rooms 2 m. 35 + storing room 2 m. 9 mathbana (room) 2 m. 12 + yard 2 m. 16 and the bath quarters 2 m. 14, kitchen 2 m. 9, the stable (if there) 2 m. 15. The space of housing unit reaches 2 m. 95.

As to the families tha do not work as agricultural labourers or in different services in the village, their needs run as follows :

A.—Families of four or less :

Hall 2 m. 10, 2 rooms 2 m. 25 + bath quarters 2 m. 4, kitchen 2 m. 4. The space of the housing unit reaches about 2 m. 50.

B.Families of 6 or more :

Hall 2 m. 10 + 3 rooms 2,35 + bath quarters 2 m. 4 + kitchen 2 m. 4. The space of the housing unit reaches about 2 m. 60.

The people of he "Awasga", Sharkia, once more and in a general fashion estimate the different levels of the housing units in the village in the following fashion :

30% of families each having a house unit measuring 2 m. 145.

20 % of families each having a house unit measuring 2 m. 100.

40 % of families each having a house unit measuring 2 m. 70.

Hence the peasant always simplifies matters even when dealing with problems. A matter that should be considered in the determining of the size of housing on the basis of the economic and social future of the village.

The Present State of the New Housing

In the light of the previous studies we can determine the relation between the natural formation of the village and the new housing. This is done on the basis of the average housing per person. If we take the biological basis of the family as basis of the housing unit, we will find that the complex family is the basis of the housing unit in the present village. The average family number per house in "Awasga", Sharkia, reaches about 1.3 families per house, in "Shainanouf", Manoufia, 1.45, in Sangeog 1.5, in "Naga el Kaha", Aswan, "Raba-

The interior yard if it is found in a modern house could not fulfil all its former purposes. Therefore the purposes of the yard should go in two main directions. It should be an extension of the living quarters of the house The windows should overlook it from the inside so that the big opening from the outside be limited to secondary openings for ventilation. This tendency will influence the type of interior openings, either doors or openings, either doors or windows and will fulldown the construction prices. Also, security inside the house would be achieved. The exterior openings will be small securing ventilation before light. This is a field for subject studies which will determine the sizes, the materials, the fabrication and distribution of windows and doors.

If the stable is to be placed in the house, two yards should be used. The first will be for animals, poultry and machine storage. The stable and the storing room will open on this yard. The second yard will be used for daily living. On it will open the bedrooms and livng rooms. They may be connected by an almost covered corridor having on its sides the kitchen, storing room and bath room. This way the service passage will be separated from the principle part of the house. The service passage could be eliminated and one passage only used. Some similar designs were executed in the reclaimed region of "Abbis"

The Standard of Crowding and The living rooms:

If the social formation does not influence the previous elements of the rural house, the size of the living and sleeping quarters, are determined by the different sizes of the families, and their living needs in this region as well as the extent of elasticity of extention of this region, so as to meet the social development of the complex family. The problem of housing in the country does not be so much in the rate of crowding as in the bad state of housing. The rate of density amounts to 2 persons per house. It is possible to retain this reasonable standard in the new housing. The meaning of this is that a family of five or less needs two rooms while a family of 6 or more needs 3 rooms. The families work in the different sectors of agriculture, commercial services, agricultural industry or public services. One of the 3 rooms could be used for reception. Hence it should be placed beside the door. The living quarters may be extended from inside the rooms to the living yard which may be covered with a shed covered with growing plants.

The measures of the rooms range between 2 m. 15 and 2 m. 29 according to the income standard and the housing needs in the different work sectors. These rooms can support an upper floor in future in a vertical expansion meeting with the living needs of the complex family and to limit from the expansion of the village at the cost of the cultivated land.

The size of the Housing Unit

On the basis of this analytical study of the elements of the rural house, the size of the housing units may be determined. These sizes will be homogeneous with the different sizes of families in the different agricultural works, as has been shown before. Hence the size of housing of the village will be fixed. Of a village like "Shatanouf" a picture of housing could be drawn. In the light of the previous studies in the following fashion.

14 Big housing unit with storing room and stable separated from he house and a housing block for agricultural labourers.

61 21/30 % housing units of 3 bedrooms with stable and bath quarters and yards.

40/702 large housing units of 2 rooms, stables, storing room, bath quarters and yards.

550 137/25 % small housing unit of 1 room and services.

276/50 % average housing units of 2 rooms, services and yards.

The Position of the Stable in the Housing Unit

The position of the stable differs from one village to the other. In "Kanawat", "Giza", the houses having stables amount to 23 %, 76 % in the "Rabaamia", Sharkia, 77 % in "Singerg", Menoufia, 53 % in "Nagaa el Kara", Assuan, the stable comprising 15 % of the area of the main house.

The position of the stable depends on the different sectors of the agricultural whole and to the extent of the use of motors and pumps in co-operative irrigation or tractors in co-operative farming or large estates. In both sectors the function of the animals will be limited to reproduction. The relation between th peasant and his animals would be weakened from its functional aspect and also if he was convinced that it received sufficient care and that its production was marketed co-operativ-ely. The opinions of the peasants differ on this account. In "Awasga", Sharkia, some peasants agreed to the separation of the animals and their collectivisation in the collective stables if they had sufficient assurances of their being in good hands, some peasants agreed that the animals should be collectivised if the peasant retained his stable and if collective stable could be placed in a central location and finally some peasants wanted the stable to remain in the house. Hence the rural house in future may not be built on the basis of the present economic and social situation of the peasant which also determine his culture and beliefs. They will base themselves on the future social and economic conditions which will be determined by the rural planning to be executed after a period of illumination.

In the sector of family farms, the position of the stable may remain a completing part of the rural house, even if the use of animals was restricted to reproduction. If the industrial developments in the state could give the peasant electricity and machinery that could limit the animal functions to animal productions, animal production would be greatly increased. Here we should compare the value of animal productions and the expenses of irrigation and cultivation by co-operative machinery. The animal value would complete the cultivation value of the economic being of the village.

The value of the animal capital in the Egyptian countryside changes according to the natural and cultivational conditions of the village. In "Kanawat", Giza, we find that the animals per family (70 families) amounts to 3 in cattle, while in "Sakara", Giza, it amounts to 2.8 heads of cattle and 2.8 heads of sheep and 10 hens. In Dahshour, Giza, the statistic is 1.8 yead of cattle, 5 of sheep and 7 hens. The average of animal possession per family hence amounts to 2.6 heads of cattle, 1.6 heads of sheep and 8 hens. On these basis the size of the stable and poultry quarters may be determined. They may be either interior or exterior. With the problem of the stable and its relation to the house appears the problem of the fertilisers and its deposition either inside or outside of the house which results in the village uncleanliness. This problem may be dealt with by storing the fertilisers in special pits beside the fields. The co-operative or collective stable will avoid the shortcomings of the in-door stable.

The Position of the Yard in the Housing Unit

The sable is sometimes connected with the yard of the house or a special yard for the stable. Hence the importance of the opened yards as an element of the house. In "Magaa el Kara", Asswan, there are interior yards which are to be found in 102 of the Rabeanea houses and 6 % of "Singerg" houses in Manoufia.

It is difficult to differentiate sometimes between the opened and almost closed yards. The latter are more numerous than the first. The yard serves many purposes. It serves for airing, washing, cooking, raising of poultry, machine storage, and has an oven for summer use. The interior yard is hence used of different purpose which lead to the low standard of cleanliness especially if it were used as an animal stand. The interior yard comprises 20 % of the total space of the house.

pure water per person has increased from 4.6 to 2 in 1956 to 8.6 in 1961. The problem of the water storage in the rural house arises and the possibility of the use of its waters from the W.C. quarters, bathrooms or the kitchen. This may be done through the construction of a tank for water at the high of 2 m. in a central place, between the W.C. and bathroom. It could be filled by hand and two pipes are attached to it on the end of one a tap and on the end of the other another tap or a shower. The feeding of these tanks could be done co-operatively through the use of a small car that brings the pure water from the source of pure water in the city. The tank could be directly connected with the pump if it exists. In "Kanawat" 75 % of the families take their water from the public pumps, 20 % from the private pumps and 1.5 % from private taps; the rest of the percentage, amounting to 3.5% from the water of the canals. The use of water tanks decreases the use of other means of water storage, like the zeer", or "pistella" or "balaas", etc. In "Kanawat" 58 % families use "reer" storing for water. 19 % families own "pistella" for water storage and 9 % families use the "balass" and the rest use pots. These conventional storing recipients are one of the elements of the low sanitary standard.

The size of Storage in the Housing Unit

If the need for W.C. is not greatly influenced by the economic or social formation of the family, the need for storage room vary according to the different social needs. The storage in rural houses is divided into two divisions. One for agricultural products like hay and grains and the second for daily use like milk, rice, fat, or household utensils. In the "Awaga", Sharkia, the houses whose owners have from 5 to 20 acres contain a room of 2 m. 15 and a storing room of 2 m. 9. The houses owned or rented by owners of less than 4 acres contain a room of 2 m. 12 and the stored products are put in another bedroom. As to the third type of storing room that is used by the labourers or employees in services, trade or education, it is small of 2 m. 9 and is restricted to the daily storage of grains, food and utensils. The houses of the large estate owners of more than 20 acres and the storages attached to it have special significance. It may be separated from the house with the stables. Above 95 % of the roofs of the villages are used for storage of dry plant or straw of rice or dried corn or wheat. The inner yards are used for storing the agricultural machines.

Hence the problem of storage in the rural house is an important factor in its natural formation. If it were possible to eliminate some of the items stored or to change its formation it would result in a change in the use of the spaces of storage in the rural house. If the corn stalks could be pressed after it was cut and made soft and some chemical products added to it so that would it uphold the cubes that would result from the pressing, it could then be stored beside the kitchen or on the roof. The same could be said of the rice stalks. These fuel items could be done away with if the industries that could use it as fuel were to be founded. These industries use paper and wood to make light building materials. Such industries would be founded by the center of Agricultural Industries. These centers serve 100,000 people. The return from these productions would be exploited in other ovens of the kind that the Ministry of Provisions has asked the Military Factories to produce. This would eliminate a very important element of fire and would stop the deterioration of cleanliness.

The planning of the house should be generally done on the size basis and not the space basis even if the peasant is forced to use the ladder to reach the high places.

The storage of hay is connected with its use as forage. The animals are related to the use made of them in turning the "tabout" or "sakia". This use and the use of dung as fertiliser influence the position of the stable in the country house.

the peasant. The fuel rural problem still stands. We find that the percentage of the families using kerosene heaters augment as the village become nearer to the city. In the "kanawat" village Giza 45.5 % of the families use the kerosen heater and 24 % the fuel "Kanoun". This is contrary to what we see in most of the Egyptian villages where the rate of the fuel users amount to 90 % of the families of the village.

A great deal of research was done on the Egyptian oven to evolve it and to avoid the smoke that rises from inside, the danger of fire, the loss of a great deal of energy and the preservation of fuel but all these experiments were made on the basis of the use of the present fuel, the stalks of corn or cotton, and not on the new type using a new fuel. These experiments were made for the benefit of cooking and not heating that may help in future to cover up this side of the function of the oven. All these experiments were made on basis of considering the level of work of the rural woman at zero that is the level of the flooring which must be corrected by raising it to 85 centimeters above the surface of the flooring as is done in some of the experiments in the rural ovens in some West African countries where there is sufficient space for storing of the elements of fuel and other places for keeping the pots which raises the rate of cleanliness in the house and raises the physiological being of the peasant from the floor. At the same time, we would save the animal dung for its use in fertilisers instead of drying it up for fuel purposes. This change from another point of view will lead to the imperative use of the table instead of the "Tablia". The "tablia" does not contain a special place in the house, the table could be attached to the wall and could be either closed or opened according to the needs. Hence there opens new realms for the evolution of the rural oven in the housing rural unit. This is one of the study cases in rural housing.

The Position of the w.c. in the Housing Unit

Let us turn to another important rural factor. The rural W.C. has been subjected to various experiments to find the cheapest ways of building it, using it and of getting rid of its discharges. These studies, however, have not tackled the position of the W.C. in connection with the place of bathing and washing. The problem of the W.C. is of primary importance from the sanitary point of view. Its relation to the other services may influence its position in regard with the other factors of the house. This problem also forms one of the kinds of study cases of rural housing.

The analytical studies in "Miyt Gamr", "Giza", prove that 25 % of the houses have W.C. and this percentage may reach 30 % in a village like Kanawat Giza and decrease to 20 % or 15 % in many of the villages that are far from the cities. This means that 75 % of the villages do not have W.C. This should be considered and the parts that form the rural W.C. should be industrialised and distributed in different forms. Fit latrine with which the peasant can make use of this discharges as fertiliser and Bared-Hole latrine which is the type that uses holes or a better type like the septic tank private whole in which the discharge could be used as fertilisers, the Septic toilet if the building space is sufficient, the Agna latrine if the peasant takes good care of it. All these latrines have evolved in the use of New-Thick latrine that could serve with its well and trenches for the evacuation for a large number of W.C., bathrooms and washing rooms making imperative its use in the near villages.

The Position of the Bathroom in the Housing Unit

The percentage of bathrooms is lower than W.C. in the rural areas. In the village Kanawat Giza, 30 % of the houses have W.C.s but only 1.6 % bathrooms. In "Nagaa el Kara", Aswan, 1.6 % have W.C. and 2.8 % bathrooms, in "Singers", Manoufia, 80.7 % have W.C.s and 1.32 % have bathrooms, in "Rabemea", Sharkia, 20.5 % have W.C.s and 5 % bathrooms. This shows the importance of the evolution of the rural W.C. to incorporate a place for bathing and washing especially when the use of

the animal possessions and also according to the social formation of the families.

The Position of Furniture And The Housing Unit

The rural statistics give us a picture of housing in the country. From it we could draw the size of the housing problem in connection with the living side. The village "Mannawat", "Giza", has 27 % of its houses containing beds and 22 % containing mattresses, 5.5 % have carpets, 32 % have "hassir", 38.5 % have cupboards, 13 % have chairs and 70 % have wooden boxes. This means that 33 % of the houses have beds mattresses "hassir", wooden boxes, closets, and that 1/3 of the houses do not have the necessary living means. This percentage differs from one village to the other according to the income of its members and which reaches in this village L.E.22 a year. Hence appears the need for built in furniture in the new plans and the upholding of the furniture industry.

The Position of Oven in the Housing Unit :

As for services, the village of "Nagua el Kava" Aswan has in 100 % of its houses ovens whereas this percentage is 70 % in the "Rashamean", "Sharkia", and 97 % in the village of "Singerg", "Manoufia", and 37.6 % in the village "El Manawat", where there is a bakery. Likewise in the village of Dahshour where the bakery produces 40 % asks of the daily bread. The readiness of the inhabitants of the villages near the town to buy bread from the bakeries is greater than those that are far from it, where they depend on the family oven.

The oven is not limited to baking the bread but is used for warming the rooms during winter. The oven represents one of the elements of the housing unit plan. It represents at the same time a great danger to the village in addition to what it causes in bad ventilation and smoke. The position of the oven in the new house is determined by the standards of housing that will fit in with the new social formations that the new agricultural formations will create. This goes for those who come under the co-operative cultivation where the reason for the being of the oven is negligeable, there being other means of heating. The same is true of the labourers that work on large estates. As to the family farms, their need for the oven will remain so long as the co-operative bakery has not justified itself in the village.

The conventions in the village are apparent in connection with the oven, the baking of the bread and the attitude to the co-operative bakery. It is a mistake to consider rural conventions that stand in the way of progress for which the new planning aims. If conventions are still strong though the contrary has been proved in the village of "Awaga", "Sharkia", it should not continue so in the future development of the economic and social life of the peasant. We must here state the importance of rural illumination and the preparation of the rural society for the new planning. If we give the peasant more bread in the bakery than he would get from his home oven he would no doubt be attracted to the bakery. Hence we would make equal the treatment of the rural dwellers and the urban dwellers by the state who shares part of the expenses of the bread. The straws on the roofs could be then dealt with either by storage or industrialisation. It is worthwhile here to mention that the Ministry of Provision suggests the use of Mexican type ovens that could bake bread made of wheat and corn of the type that is used in the country. The oven costs about L.E.200 and its productivity amounts to 1700 loafs of bread an hour. Calor gas could be used as fuel.

The Means of Working in the Housing Unit

Besides the oven, there are problems of cooking as in the use of the fuel "Kanoun" or the kerosen heater, etc. The position of each depends on the abundance of the fuel necessary for each and its value in connection with

The fate of the increase in population

If the agricultural land of this village cannot maintain more than its present inhabitants at the present time, it cannot maintain more in future. Hence any new increases should come under the national planning so that it would be absorbed by agricultural industries in small units of 15,000 persons and in the larger centers that serve about 100,000 persons. It could also go under the immigration to new cultivation areas or industrial production centers. We must mention here that the new agricultural divisions will help to a large extent to decrease the size of the rural family.

The Social Formation of the Village:

A close study of the family sizes on the basis of which we could determine the different rates is neceeessary, so as to plan the habitation units either within the village or outside it in the new habitation blocks or the new "isba" that are dependent on it. It has been found in the region of this village that the percentage of the family that is made up of one member is 7.6 % of 2 persons (2 % of 3 per 15.4 % of 4 per 16.9 % of 5 per 15.1 % of 6 per 11.4 % of 7 per 7.6 % of 8 per 4.5 % of 9 per 2.7 % of 10 per 3.8 %. On the basis of these statistics we can form the average statistics of family members as of three sizes small, medium and large. The percentage of the families that are less than 3 persons amounts to 21.8 %, the medium sized families amounting to 2.3, 4,5 reach 47.4 %. As to the families whose number is above 5 persons they amount to 30.8 %. If we we foresee the disintegration of big families in future whoch would raise the number of rural families, we could say in general that the small families percentage is about 25 %, the medium-sized about 50 %, the large about 25 %. On these basis we could have the percentage of the 3 different housing plans for each of the different groups of people that work in agriculture.

We must mention, here, the difficulty of social analysis and whether we depend in this planning on the biological formation of the family or the complex families which vary from one village to the other according to the economic, social and natural condition. In the village of Sakara in the Giza we find that there is less than a family for each house, that is uninhabitated houses exist. In Dahshour each family has a house, 1.1 family to a house in "the Kanawat" and 1 family to a house in "Nagar el Kada" near Aswan. These percentages increase in the centre of the Delta and its south and decrease as we go north east or west. The average house contains 1.5 families in Langeog, "Manoufia", or 1.45 families in "Shatarioud", "Ashmoun". In the "Rabaamea", "Minia el Amili Sharkia", the rate goes down to 1 house per family. The rural housing should nevertheless be planned on the biological formation of the family while giving the house the chance to expend vertically to meet the complex families that live under one patriarch.

We must state here the extent of the influence of the complex family on the rural house, especially after the death of the patriarch. The house then submits to changes and divisions according to the biological division of the complex families. The land of rural housing should in future put an end to all that or at least restrict its practice.

The Living Necessities and the Elements of the Housing Unit

The study now deals with the necessities of the individual in the different agricultural sections. Hence are determined the role of the house in its three elements service, storage and stable. The analysis of the present house of the peasant may be the basis of making clear in general the living necessities. Hence we could determine the necessities for the new rural formation. Since the previous studies have only dealt with the general aspect of the rural house, we should fix the spaces of the houses and their sizes as well as what they contain according to the rates of income per rural family that are determined by the land owner slip as well as

living and the extent of the left-overs, the new social division will be determined in the different regions for those who plant the land as well as for those who work in agricultural industries.

It was found that in the county of Ashmoun south of the Delta 63 % of the population work on the land 2.2 % in light industry and 8.8 % in personal services and 20 % are unemployed. In the agriculture the increase on cultivated land amounts to 50 % in larger districts and 30 % in the smaller ones.

The percentage differs from one village to the other according to the amount of the land cultivated and then the difference in the supposed number of the owners on the basis of 5 acres per person and the small owners and the supposed number of large estate owners. We find that 94 % of land owners own less than 4 acres and the income is no more than 200 a year and 4.2 % own what could make family farms of 4 to 20 acres and 1.6 % own more than 20 acres on which work land labourers. 70 % of the owners of less than two acres work also on the larger estate of the land is rented by people who have no land ownership. If the new rural planning will be drawn to the rehousing of what the land can maintain and within the new agricultural formations that will ensure the maximum production, we find that a village like "Shatanouf" of 5230 inhabitants is overcrowded by 895 persons. These with the percentage of people in Ashmoun that do not own anything and that amount to 35 % of its population should be put up for redistribution in the national habitation plan.

The excess amounts to 302 and 502 of the population of the village. We cannot cut this excess only from those who work on the land as owners or renters neither can we do so from the excess of those who are unemployed and that amount to 1000.

The future of the village as a basis for rural planning becomes clear. The population of the village will be about 4335 persons of which 2730 work on the land and the rest amounting to 1605 in agricultural industries, communications, trade and services. If the village is to have 624 landowners of whom 550 owners own ownerships of from 4 feddans amounting to 548 acres equaling 30 % of the cultivated land. 61 owners own ownerships of 4.19 acres that is 22 % of the land. As to the rest which constitutes the large estates they amount to 870 acres that is about 47.5 % of the surface planted. On this work the agricultural labourers. This percentage is near to that of the village of "Minwat" where 75 % of the population own less than 5 acres, 11.6 % own between 5-25 acres, 1.8 % own more than 20 acres, and 11.6 % own nothing, 9.7 % are owners, 15.1 % renters, 16.6 agricultural labourers, and 58.6% work in other things.

We can now determine the size of the different agricultural sectors and their social formations. If an owner represents one family of an average number of 4.3, we may consider the number of families that would live co-operatively after the collectivisation of their lands to amount to 550 families. The families living on agriculture are 61 families and 14 families have large ownerships, and as has already been said before, 70 % of those owning less than 2 acres work also on the large estates.

Hence the problem of housing in the village is limited to these groups

550 families that fall within the realm of co-operative cultivation and that furnish the large estates with labourers.

61 families work in the realm of family farms.

14 families own large estates on which work the agricultural labourers.

373 families work in agricultural industries, services, trade and communications.

Each of these social formations has its living necessities that determine the size of the convenient housing unit.

animal fertilisers. Suitable places for storing the dried straws have been studied. Also the creation of fixed furniture has been contemplated. All however are studied on personal and local standard.

LONG RANGE AND SHORT RANGE POLICIES

The rural reconstruction goes under the long range planning. The improvement of the Egyptian environment may be included under that of the short-range especially in the range of evolution of the unstable elements in the rural house which come before the oven, furniture units, the elimination of straws and the evolution of the village planning on the basis of future plans.

THE HOUSING EXPERIENCES

The experiment may develop into making models of new rural houses with different sizes to suit different levels of rural inhabitants especially in new cultivation areas and new expansion of some villages that have met with misfortune. These experiences may be taken as a field of research of the changes these houses undergo according to the different uses of the owners. To be studied also are the different building projects in the regions of Inchass, Zaafasaan, Abis and the Liberation District, Kafr Saad in which the villagers have tried to create some of the aspects of their old houses such as closing the outer openings of the new houses, paving some of the open yards not using the backward service streets or again trying to build new ovens in the houses because the peasants did not accept the centralised ovens and stables. Hence the importance of preparing the new inhabitance for the acceptance of the new buildings is clear. They should also be made to understand the importance of the extent of the evolution that their social formation will subdue in the future. There should also be enough space for expansion.

THE SITUATION OF HOUSING

The natural survey of the villages that has been made found that the majority of the Egyptian houses are not in a state to perform the functions of housing completely namely to be a resort, a place of security, sanitation, and moral peace. The building materials no doubt show the state of housing in the country. We find that 80 % of the houses of a village like Mashour in Giza are built with mud bricks and also 65 % of the houses of the village of "Kinawa". The percentage of buildings in "Kinawa" of red-bricks and stones reach 29 %. The village of "Nagaa El Kara" in Aswan has 11 % of its houses in red bricks and stones and the remainder in mud bricks. These aspects change a little in the Delta, we find that the village of "Shatanouf" in the county of Aswan has 99 % of its buildings of mud bricks, that of "Singarg" in the county of Manouf 90 % and that of the "Rabamea" in the county of "Minia El Kamh", Sharkia, 98 %. The same could be said of the nature of house flooring as well as the roofs that carry piles of straw and animal dung.

These statistics mean that 95 % of the houses in the villages are incapable of performnig their job in the future life of the peasant. Hence the extent of the problem amounts to 4200 villages and 1500 "isbas" and "nagaa". The matter should be considered on national level. The density of housing reaches 2 persons per room. The problem however does not lie in the space but in the quality of housing.

The New Divisions of the Rural Society

The future of the habitation problem is connected with the future of the village. Likewise the new divisions of the rural society in its different aspects will determine the size of the problem. In the light of what has already been studied in agricultural divisions and the increase of the density of population on the cultivated land and its relationship with the standard of

economic and social circumstance will not be much altered either.

The second direction draws the general plan of village building within a certain period of time. At the same time it determines the various executive stages of this plan. The pulling down of sections and rebuilding them would be one alternative. The other to build out of the village new building to which the village would gradually move. This conception depends on the social formation of the village as a basis for natural planning. It nevertheless, does not touch the economic basis of the village and hence its social fundamentals. This in the extent of the population pressure on the use of the land and balancing the number of workers on it with its production value, so as to ensure for the village a reasonable standard of living. Also, the way the land is cultivated, in its present agricultural division and future divisions under various technical and economic agricultural directives. The conception of village planning once more changes towards building on a clear economic basis.

Whatever plan is to be executed depends on its final success on those who are the prime benefiters of such planning namely the peasants. On their co-operation and comprehension will either stand or fall these projects. Not only is their co-operation in the execution of the plans needed, but also an evolution of their living habits that would upkeep the new projects. A sense of public responsibility should also be cultivated. The propaganda organisms helped by the popular organisations should make clear the project and its aim to the peasants so as they could be prepared to the idea of living in these new constructions.

The fate of the village and the extent of the peasants cooperation will also determine the future of rural housing.

The Future of Rural Housing

The housing units vary according to the difference of the fertility, the type and production of the land in either Delta or the North of Egypt. The house also differs in its formation and size from one part of the country to the other according to the housing needs. In the South and Center of the Delta large and two-storied houses abund, the size and the two-storied houses decrease as we go to the north, east or west of the Delta where the land is less fertile and the size of the housing groupings decreases and its decentralisation increases as well as the distances between the houses. The building materials also change with the region according to the climate, the nature of the land and the subsoil water.

Hence the general formation of the land changes with the economic and social status of its owners. The attachment of the peasant to his land and home increases with the increase of fertiliy of the land. Hence this attachment decreases as we go to the north, east or west of the Delta. The size of the family also decreases with the decrease of fertility. The habitation units become more decentralised and the house becomes smaller in size. The problems of rural housing change from one place to the other. Hence our need for regional planning becomes more important.

THE IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENT

The study of a large number of villages has been limited to a survey of the economic, social and natural aspects of these villages so as to draw a clear picture of the housing problems. The researches then started to draw up some basic principles for the improvement of the Egyptian rural environment interior or exterior without paying attention to creating a criteria for directing rural housing. The housing improvements were limited to the improvement of some important aspects of the rural house such as the flooring, oven W.C. or making use of materials to treat the superficial waters that affect the foundations of rural houses. The improvement of the-inside-the-home-stables have also been handled as well as finding suitable places for the

future developments is a matter of vital importance to the future of the village. The villagers of "Awasga" ("Sharkia") have shown their capacity of understanding the new planning of the village. They have also shown their favourable reaction to the new developments that could change their environment.

The peasant has shown his readiness to change his surroundings, if a convenient substitute could be found. In this study I am completing my previous studies in regional rural planning that will determine the future of natural rural planning.

These studies are based on the statistics and informations that were published by the Permanent Congress for Public Services of the Giza Governorate and the previous researches of the Department of the Fellah in the Ministry of Social Affairs. They are likewise based on the pamphlets and publications of the International Centre for Basic Education in Sers el Leyan, my former papers in the fields of rural planning and lastly on my connections and personal experience in the village of El Arwasya (Sharkia) to the villagers of this village goes the credit of the success I have achieved in my meetings with them.

THE FATE OF THE VILLAGE:

At the time that the future of the economic and social planning in the State have become clear explicit the fundamentals of the socialist society are beginning to appear clearly in various sectors, we find the future of the village yet undetermined.

The village encloses the majority of the inhabitants that have not had a convenient share of life because the Egyptian village has remained for years a homogeneous block of the earth on which it has been built. Rural building is divided into two main directions. The first aims at the improvement of the rural environment and the second at the re-planning of the village on new basis.

The improvement of the village planning will not depend basically on the economics of social formation of the village. It will be limited to the treatment of the local problems in the natural formation of the village. Also it will deal with the width of streets, its improvement or its expansion to the centre of the village to close in with what roads it meets. Hence, an interior road net for the village could be formed as a basis for directing the building constructions in future. It could also serve to procure for the inhabitants the necessary technical help in the plans for houses or other rural constructions. The improvement of the rural environment is directed towards the treatment of the special aspects of the village such as the solution of the basic problems in storage of dry plant stalk on the roofs of the village houses. The treatment consisted in either pressing the stalk or selling it to the co-operative storages that it could use in its turn in the co-operative bakeries in the village. Here may appear the human element in customs followed and that could be equated with the economic improvement of the peasant by giving him a bigger amount of bread that is produced by the bakery perhaps from the grains he himself had offered. Problems could be treated in this fashion.

The improvement of he environment, on the other hand, deals with the sanitary side of the village. The cleanliness of the streets, the filling up of swamps, the search for ways of disposing sanitarily of human and animal detritus are some of the aspects of this side of the village. Also, within the range of sanitary improvement would be the solution of such problems as the inside the home stables, the use of the oven, the state of the rural W.C., the fight against flies and mosquitoes, the cleanliness of the houses, both interior and exterior, and finally the muddy streets and the use of mud in building. However, the materials used in building will not help the improvement of the environment to continue long. The improvement of the environment will not influence greatly the existing circumstances of the village. The

FUNDAMENTALS OF RURAL HOUSING IN EGYPT

By

Dr. ABDEL BAKI IBRAHIM

INTRODUCTION

The housing problem in Egypt is still being treated on the basis of the present circumstances that determine the rural house either in its place or in a trial at finding the necessary materials for building the walls and roofs or in the development of the W.C. and the oven. In other words the betterment of the environment of the rural house. The problem of the rural house is connected with social and economic factors that are in the country. There is a strong relationship between the habitation block for the village and the agricultural land from which it has sprung. From the roots of this reality starts the treatment of rural housing.

If rural housing depends on the direction of the village planning it nonetheless depends on the results of the quantitative researches for the elements of construction and architectural preparations that determine its production. The extent of its productivity and usage and in a way that ensures for the rural house in its new form its compatibility within the frame of the new village planning. On this basis the paper follows two lines. The first line deals with the social economic and natural fundamentals of the housing rural problem in the general frame of rural planning. The second deals with the fundamentals of planning of the rural house, and its achitectural elements so as to congene with the different social formations that spring from the economic fundamentals of the rural society in its new planning.

The rural housing has gone through various experimentory developments on a small scale. This has been in either the village of the reclaimed areas or in the villages that have been either burnt or swept away by water or those that have been flooded by the Nile or that crumble victims to the white ant.

If this experimnt has been born of fate and local conditions, it has nevertheless the living elements that deal with the problem in its different facets. If rural housing is still within its local boundaries, the time has come for it to be tackled within the general national frame-work and consequently within the regional planning of the country. The two sides of the problem to be tackled are the industry of building and the fate of the village. In this we cannot really depend on the present reality of rural life in Egypt. This study has therefore been built with the beyond the reality, outlook with all the conditions and elements that influence the rural housing.

The principle of security has been one of the most important influences in the village house and consequently on the natural form of the village. The procuration of security and good lighting of the villages in the future will change the society, the house and the nature of the village. Rural planning and housing must make out faith in the new society greater.

Ignorance that has overwhelmed the Egyptian countryside for many generations cannot stand in the way of the illumination of the peasant so as to ensure for him a better life. The stagnation of the peasant is a fallacy that we have inherited from past ages. The understanding of the peasant of the different conditions that have given the village its present shape as well as the possibilities of

In the illustration of three sections, all of the same scale, one through an ordinary town, one through Corbusier's Ville-Tour, and one through a sector in Korangi, Pakistan, we see immediately that the sector and the tower just cannot be for the same size of the people. If one is for ordinary people, then the other must be for Lilliputians or Brobdingnagians.

The sector is sufficiently compact to retain a visually comprehensible unity ; the architect has an unprecedented opportunity to create in space a composition of calm spirituality. This he can achieve only if he respects the human scale.

If by developing the principles of "Ekistics" and sectoring the metropolis of the future we can bring about a reuniting of architect, craftsman and client, and also a recognition of the Arab feeling for space in building, then there will be great hope for a truly Arab metropolis in the future.

trees and motor cars to add sales-appeal. The architect feels that his own technical knowledge—his ability to talk of stresses and bending moments—put him in a class above his client, and the client, being overawed, acquiesces in his own deposition. Ironically enough, though, few architects can handle the new forms artistically, so simple engineering replaces architecture.

The Re-Establishment of the "Trinity": Architect, Craftsman, Client

How can this disrupted trinity of architect, craftsman and client be re-established? How can the craftsman and the client find a place in the building of a modern city?

If the city is one of tall blocks, then there is little room for them. Especially if each dwelling is just a collection of cells in a sky-scraper, then its design must be left to the engineer. Yet it is possible, as Gourna showed, for the architect of a government project to bring the client and the craftsman together in the planning and building of a house. Is it possible in an Arab town? This must depend upon the type of housing envisaged; if the town is to consist of individual, ground-level houses, then the possibility at least exists.

The key to our cultural problem lies in this individuality. We must rescue the Arab town-dweller from his present anonymity, and give him a house. If we think of *houses* rather than housing, and resolve to give every family the chance to build and keep its own house, which will be handed on from generation to generation, we shall be on the way to restoring direct individual responsibility for the beauty of the town to every citizen.

After all, it is the mass of the people who carry on the culture of an epoch and of a society. Though there may be a few artists —architects, painters, writers and so on— who regard themselves as the world of culture, it is always the general climate of taste that represents the true culture of the time and affects future ages and foreign places.

If the Arab town is to develop in this way, as a town of private houses, then clearly development will have to be rigidly controlled. Because of the customary rise in land value towards the centre of the typical uncontrolled town, as space is needed for purposes more profitable than housing, we find in most towns a continual shifting of populaion as districts go up or down in price and public esteem. In a planned town, certain areas may be set aside for house-building; the law may maintain their character but can scarcely maintain the value of the houses unless the overall town plan is such as to free the "centre", so that as the town grows each new quarter has the same advantages of proximity to the centre as have the older quarters. This principle is followed by C.A. Doxiadis, who has succeeded in balancing the many demands of the growing metropolis in an age of rapid technological change. One of the most important features of the city, as Dr. Doxiadis sees it, is the concept of division of the residental part into sectors, each containing such services as schools and shops, and each sufficiently small (about 8,000), to be walked around by its inhabitants. When he planning unit becomes the residential sector, rather than the block, then it becomes possible immediately to arrange the buildings not according to the exigencies of motor-roads and other extraneous annoyances but according to the needs of the community. One can dispose the houses in patterns determined by the climatic conditions, for example, and one has the chance to design a real townscape.

The sector is in effect a small town, and the architect planning it has complete freedom to do what he likes within its boundaries. He may lay it out on the familar grid-iron pattern or plant three or four great dwelling?towers in it. Let him remember, though, that in his manipulation of space he must keep in mind no only the Arab tradition of courtyards and squares but the fact that *sakina* depends too upon the absolute size of the buildings, which must not exceed the human scale.

plaster, once a common decoration in a city house. When I asked Ismail how many others apart from himself practised the craft, he could think of only one man, "Mu'allim" Loutfy. I asked Ismail if he was teaching his craft to his children. He said: "My elder son is a mechanic and I have sent the younger one to school."

"So after your generation there will be nobody left to carry on the tradition?"

"What do you want me to do? Do you know that we often don't have anything to eat. No one wants my work today. There's no room for a stained-glass window in this new architecture of yours. Think of it, once even the water-bearer used to decorate his house and would engage me. Today, how many architects even know of our existence?"

"And if I brought you ten boys," I said, "would you teach them the craft?"

Ismail shook his head. "I wasn't taught in a school. If you want o revive the trade, then give us work. If we have work, then you will see not ten schoolboys here but twenty apprentices." (I *was* able to give a commission, and his work attracted the attention of other architects, so that his elder son, the mechanic, was drawn back to the craft, and has now surpassed his father in skill.)

In the Moslem Arab world there has never been that dissociation of "high" art from "folk" art that we now see in the West. Because Islam frowned upon the lifelike reproduction of the living form, there was neither production of the living form, there was neither production or demand for painting and sculpture as works of art in their own right, but everyone became willy-nilly a connoisseur in the arts incidental to manufacture and building, the arts of carpet-weaving, of ceramics, of plaster work, stone and marble-carving, and carpentry. With imitative art denied him, the Arab poured all his artistic sensibility into abstract design, patterns of calligraphy and into creation af satisfying form, colour, pattern and design in the architectural elements of the house.

The Culpability of the "Modern" Architect

When the modern architect in the Middle east adopted the Western style of building and discarded the "old-fashioned" craftsmen, he discarded at one go the whole tradition of visual art in the Arab world.

Art is a part of society, inextricably bound up with the economic and other forces that drive society. Arab art was a living tradition, the daily occupation of thousands of craftsmen. Without these men it cannot live. Only if the craftsman is recognized for what he is, the vehicle of Arab culture in the visual arts, and only if he is re-integrated into the building-process and restored to his old esteem and dignity, have we any hope of creating a modern architecture in Egypt that is recognizably Arab.

The architect today, besides leaving no room for the craftsman in his designs, also manages to exclude the client from any creative participation in the building process. Now, instead of the unhurried appreciative discussions with the craftsmen as the house is being built, the client has the opportunity to exercise his choice over marks on a plan in the architect's office. He doesn't understand the idiom of architectural drawing nor the architect's jargon, so the architect patronizes and browbeats him (1) or dresses up his plans with

---

(1) Quelles sont par ordre d'importance vos préoccupations quand vous avez à construire un logement?" (de Lauwe questioning Le Corbusier).
Answer: D'abord de quoi s'agit-il? de la clientèle privée, ou de l'homme en général? La clientèle privée est généralement loufoque, abêtie, avec des manies acquises au cours de la vie. Elle ne m'intéresse pas beaucoup. (*Famille et Habitation*, par Paul Chombart de Lauwe, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1959, p. 197.)

To appreciate the participation of the ordinary citizen in the culture of his city today, we may contrast Corbusier's disregard for his client with the relationship between the patrons and craftsmen of the past. Let us remember than a patron could be as humble a person as Mohammed Ismail's water-bearer. The responsibility for this degeneration of the patron to the status of client lies squarely upon the architect, who has himself degenerated from an artist to a salesman, using architectural forms simply to catch the eye of the fashion-conscious public.

the fact that the house is the province of the woman, not the man. It was unfortunately impossible to consult the Gourni women because they were kept jealously out of the way. Later, with the help of other women, when certain ladies came to Gourna, we did manage to obtain the ideas of some of the village women.

Anticipating this difficulty of getting the Gourna to take an active part in the planning of their houses, very early on I built some twenty houses to show them the kind of architecture we were proposing. They couldn't understand plans, so we proposed to "consult" them by obsreving how they actually lived in the houses we built for them.

Client, architect and craftsman form a trinity in the design of a house, and each has a vital part to play. The client, nowadays has become unable to play his part in this process, because of his technical ignorance and his snobbishness. The architect too, by ignoring the craftsman, helps to break up this trinity. The craftsman the only one who is still in touch with the realities of stone, brick and wood, is being more and more pushed out of the building-process as architects by-pass him in their work. All the details of a building are decided on the far-off drawing board.

Who Makes Decisions ?

More and more we are forced to recognize that there is one important function in the building-process which has received very little attention. This is the function of decision-making. Who makes each decision in a design ? Why does he make it ? Decision-making (choosing) is another word for self-expression—or perhaps better, it is the necessary prelude to self-expression.

Once, when a man wanted to build a house he would launch into some of the most complex and prolonged decisions. From the first family discussion of the idea to the day when the last workman left the completed house, the owner would be working with the builders —not with his hands, perhaps, but suggesting, insisting, refusing—maintaining a running consultation with them and making himself responsible for the final shape of the house. Indeed, this interest of the owner in his house would continue indefinitely, for there was a superstition to the effect that once a house was quite finished its owner would die, so the prudent householder would go on for ever altering and adding to the structure and putting off the laying of the fatal last brick.

The men who worked on the house were all craftsmen, knowing what they could do and knowing their own limitations. Probably they were from the same neighbourhood as the owner, and knew him well, so that he would have no difficulty in explaining what he wanted. The constructor too would understand very well how much the owner could afford to spend and what he could get for his money. As the work progressed, the owner would choose the various fittings : with the carpenter he would talk about mashrabiyyas (lattice-work screens), doors and cupboards, with the stone-carver about sideboards and ornaments round the door (if he were poor), with the marble-cutter about mosaic-sideboards, fountains, wainscoting and floors (if he were rich), with the plaster-cutter about stained-glass windows. He would be a real connoisseur ; it would be impossible to fool him ; he would know what he wanted and make sure that he got it.

The one man missing in this building venture was the architect. The owner dealt directly with the men who did the work, and he could see what he was getting. For their part, the craftsmen were free to vary their designs within the limits of tradition and subject to the owner's approval. If an architect had come between owner and craftsmen, he would have produced plans that neither could understand. Unable to escape from his drawing-board, he would have remained quite ignorant of the fact that the variations of detail possible in a design make all the difference betwen a good house and a bad one.

Decline of Crafts

I ounce talked to "Mu'allim" (master-craftsman) Mohamed Ismail, a craftsman who makes windows out of stained glass set in

while all the main rooms of the block face outwards onto the street. Perhaps that is why one does not associate a feeling of *sakina* with a block of flats.

Even those people rich enough to build their own villas cannot make the best use of their land. Because building laws insist on a minimum open space around eevry house, we find each villa is a compact bundle of outward-facing rooms, while the open space that could have been a courtyard is cut up into four strips around the house. Not only does this fragmentation of the garden-space destroy the possibility of *sakina*, but it gives the whole street an appearance of messiness, with its untidily disposed houses standing gawkily in the tiny plots of land.

The Decision in Building a House

Usually a man has only one occasion to make a substantial change in his surroundings upon his own decision. This is when he marries. The custom in Moslem countries is for the bridegroom to give a sum of money, the *mahr*, to the bride, whose family is expected to provide the new household with furniture, kitchen utensils and linen. This is one of the great and decisive moments in a man's life—perhaps the most important to him. Other great events—birth, circumcision and death—are less in his control.

If this setting up of a household is so important, if it usually happens only once in a man's lifetime, then how much more important is the building of a new house? This act occurs not even once in a lifetime, but once in several generations. It is a family event, and it is perhaps the most important thing that happens to a family in a hundred years, transcending even the birth and death of individuals.

The importance of the decisions taken at this time is perfectly obvious. No care, no skill, no exercise of sensibility, can be superfluous at this moment.

In Gourma a housand families were going to take this step. Each family deserved the chance to make its house as efficient and beautiful as possible, and each deserved the very best professional help in the design of the house. But since each family differed from all others, it would have been necessary to design each house individually. This, I thought, was perfectly satisfactory. I did not want to design the village arbitrarily and as a whole at the very beginning of the projects and then spend the rest of the three years given for its completion in supervising the construction. Besides being too rigid and inhuman a method, it would also have been boring. Ideally, designing should go on for two years and eleven months. Right up to the last moment I should be learning, modifying and improving my designs and making them fit more perfectly the families that would live in them.

The Villager's Indifference and the Architect's Bewilderment

In spite of these good intentions, however, I found it difficult to interest the peasants in their new houses. This indifference was, indeed, largely due to their reluctance to do anything which might later be construed as acquiescence in the plan for removing them, but it also spring from their inability to put into words their needs and fancies. One sheikh told me that so long as his cattle were properly accommodated, he didn't want anything else and this was a pretty general sentiment. I was able to change their minds only by convincing them that if they devoted their attention to cattle and regarded their houses as a kind of annex to the stable, then their city-educated sons would be too ashamed to visit them. At this they agreed that it was worth bestowing some attention on the house but they said that they would leave it to me to design whatever I liked. This *carte blanche* made the problem even more perplexing. How could I possibly get into the skin of a Gourni peasant and understand what he wanted in a house? Possibly this indifference of the men towards their houses arose from

not a substance (we can only talk in parables) but a feeling, and it is created exactly by this turning inward of the room.

I am embarrassed to talk in this way to those planners to whom architecture has become engineering and to whom progress and modernity mean only Westernization. Presumably, no one becomes an architect unless he is an artist. I beg him then to try to understand what I mean by trying to experience it. Let him walk in a cloister and feel the meaning of created space. If he laughs at my attempt to describe feminity, let him go and contemplate two statues. Let him take "The Thinker" by Rodin and one of Maillol's figures of women. It is clear that the man, though seated and still, is radiating energy, is essentially an active figure, while the woman is placid, receptive, and turned inward, to herself.

Plan of Gourna

If my metaphors are ethereal, my planning proposals in Gourna are concrete enough. The houses themselves are planned round courtyards. Not only does each house contain its own courtyard, but each group of houses is also arranged to enclose a larger, semi-public courtyard, which will be the common courtyard, or square of the family group. Because of the many social activities that are shared by the members of the family, the *badana,* which consists of some ten to twenty related families, it is most important to give each *badana* a place in which these functions may be performed. In this larger square the *badana* can receive guests and hold the festivities connected with weddings and circumcisions, while it will also be convenient for more practical purposes such as the temporary storing of fuel and hay, which otherwise would clutter up the public street. But more important, because of the focus it will give to the group of houses, *all turned inwards and looking on to it,* the square creates something of the same atmosphere for the *badana* as the courtyard of the private house does for the individual family. Thus it will help to cement together the family group by a constant gentle emphasis on its oneness, and in numerous practical ways, as by facilitating the established practice of warming one's bread in the oven of whichever of one's neighbours happens to be baking, and by providing a place for children to play where they will be under the eyes but not under the feet of their mothers.

Yet more important, to me, than these considerations, is the effect on the person who comes from a room in his house, through the house courtyard, into the larger but still enclosed square, and only then into the public street. Whether in a village or a town, this gradual expansion of man-created space, or, conversely, its gradual contraction, is more peaceful and more soothing than an abrupt plunge from the small privacy of one's room into the bustle of the street or the hugeness of the field. Exactly the same units can be arranged in a variety of ways—on a grid-iron plan or any other form—but quite the best arrangement is a well-proportioned square. Notice, though, Notice, though, that it is vitally important that the houses should face inwards, into the square, just as it is essential that the courtyard of the house should be bounded by inward-facing rooms. We often see so-called squares that are in effect, simply accidental spaces defined by the ends of house-rows, by a school wall or the back of a fcatory. When all the buildings turn their backs on a square, or at best present it with a cold shoulder, how can we expect the people to use the space as a real square. Not merely does the atmosphere leak out, it is never put it in the first place. Such melancholy spaces soon become garbage dumps and meeting-grounds for gangs of juvenile delinquents.

Corresponding to this travesty of the square in the architecture of the street, we may observe a similar misuse of the courtyard in the blocks of flats in modern Egyptian cities. In such a block there is a dark, cramped courtyard of irregular shape, full of drainpipes, servants' staircases and dustbins,

of God, was regarded as a dome supported by four columns

This view gave a symbolic value to the house, which was considered to be a model or microcosm of the universe. In fact, the metaphor was extended further, to the eight sides of the octagon that supports a dome on squinches, which symbolizes the sky ; these eight sides were held to represent the eight angels who support the throne of God. Because the sky is for the Moslem Arab at once the home of the holy and the most soothing face of Nature, he naturally wants to bring it into his own dwelling. Just as in Europe men try to make their houses one with the landscape and its vegetation, either through gardens or through plate-glass walls, so in desert countries men try to bring down the serenity and holiness of the sky into the house, and at the same time to shut out the desert with its blinding, suffocating sand and inhospitable demons.

The means of doing this is the courtyard. The house is a hollow square, turning its blind windowless walls to the outside and with all its rooms looking inward to a courtyard from which only the sky can be seen. This courtyard becomes the owner's private piece of sky. The space enclosed by the rooms of his house can, at its best, alone induce a feeling of calm and security that no other architectural feature can, while in every case the sky is, as it were, pulled down into intimate contact with the house, so that the spirituality of the home is constantly replenished from heaven. This serenity is not imaginary, it is not a piece of far-fetched symbolism, but a fact to be experienced by any one who walks into an Arab house, or into the cloister of a monastery or college. The value of the enclosed space was recognized not only by the desert-dwellers, but all along the Mediterranean seaboard by the Ancient Greek and Roman villa-builders, and the Spaniards with their patios. But to the Arab the courtyard is more than an architectural device for obtaining privacy and protection. It is, like the dome, part of a microcosm that parallels the order of the Universe itself. In this symbolic pattern, the four sides of the courtyard represent the four columns that carry the dome of the sky. The sky itself roofs the courtyard and is reflected in the customary fountain in the middle. This fountain, or basin, is in fact an exact projection of a dome on squinches. In plan it is precisely the same, basically a square, with, at a lower level, the corners cut off to form an octagon ; from each of the new sides thus formed a semi-circle is scooped out, so that the whole basin is an inverted model of a dome, just as if a real dome were mirrored in the water.

The inward-looking Arab house, open to the calm of the sky, made beautiful by the feminine element of water, self-contained and peaceful, the deliberate antithesis of the harsh public world of work warfare and commerce, is the domain of woman. The Arab word for house *"sakan"*, is related to the word "sakina" meaning peaceful and tranquillity. The word *"harim"*, woman, is related to *"haram"*, sacred, unviolable, which also denotes the famliy living quarters in the Arab house.

Now it is of great importance that this enclosed space with its trembling liquid feminity should not be broken. If there is a gap in the enclosing building, then this special atmosphere flows out and runs to waste in the desert sands. Such a fragile creation is this peace and holiness, this womanly inwardness, this atmosphere of a house for which "domesticity" is so inadequate a word, that it is lost with the least little rupture in the frail walls that guard it. That is why the patio, open on one or two sides, which perhaps is pleasant enough in Spain where the countryside is comparatively tame, would never do in the Middle East, where the fierce desert will jump in like a djinn and devastate the house. If even one side of the courtyard is a simple wall, the atmosphere will be spoiled. The *sakina* is disturbed. Only rooms that are really lived in can hold the magic in place, and this is because, of course, it is

we employed to roof the whole of Gourna allowed us unlimited scope for variety. At Bagawat in the Kharga Oasis, one can see a most remarkable demonstration of the beauty and adaptability of vault-and-dome roofing. These buildings, 263 chapels and houses all of sun-dried mud brick, date from the 4th century and are still standing after 1,600 years. They lend admirable historical perspective to a discussion of the Arab town. At Aswan, the villages of Gharb Aswan and Abou el Rish, provide current examples of peasant building at its best ; and the monastery of St. Simeon and the tombs of the Caliphs, which show how the mud-brick dome and vault can be adapted to, respectively, Christian and Moslem feeling for space.

The Arab Feeling for Man-Made Space

Now this different feeling for space among different religions, as in Nubia, or among different peoples ,is of the very greatest interest, and touches the Arab metropolis closely.

Every people that has produced architecture has evolved its own favourite forms, as peculiar to that people as its language, its dress or its folklore. Until the collapse of cultural frontiers in the last century there were all over the world distinctive local shapes and details that made the buildings, just like the local cooking, a natural product of the imagination of the people and the countryside. Certain shapes seem to capture a people's fancy ; they make use of them in a great variety of contexts, perhaps rejecting the unsuitable applications, but evolving a colorful and emphatic visual language of their own that suits perfectly their character and their homeland. No one could mistake the curve of a Persian dome and arch for the curve of a Syrian one, or a Moorish one, or an Egyptian one. No one can fail to recognize the same curve, the same signature, in dome and jar and turban from the same district.

Whereas it may be easy to recognize these curves, there are other local characteristics which are almost indefinable, though still very real. An enclosed space, a room or courtyard, has a certain quality that can be distinctly felt, that carries a local signature as clearly as does a particular curve. This "felt space" is in fact more a fundamental component of architecture than are others, and if a space has not the true feeling then no subsequent decoration will be able to naturalize it into the desired tradition.

Arab Cosmology and Arab House

Let us look at the Arab house as an expression of Arab culture. In what ways have the environmental forces that have moulded the Arab's character affected his domestic architecture ?

The Arab comes from the desert. The desert has formed his habits and outlook and shaped his culture. To the desert he owes his simplicity, his hospitality, his bent for mathematics and astronomy, to say nothing of his family structure. How has the desert influenced Arab architecture, when the Arab comes to build a permanent house ?

Because his experience of nature is so bitter, because the surface of the earth, the landscape, is for the Bedouin a cruel enemy, burning, glaring and barren, he does not find any confort in opening his house to nature at ground level. The only kindly aspect of nature for the Arab is the sky, pure, clean, promising coolness and life-giving water in its white clouds, dwarfing even the expanse of the desert sand with the starry infinitude of the whole universe. It is no wonder that for the desert-dweller the sky became the home of God. Europeans pagans had gods in rivers and in trees, or disporting themselves on mountain tops, but the shepherds and camel-drivers of the desert, who could see no other place fit for him ; for them the surface of the earth was productive only of djinns and demons who rolled about in sandstorms. When he embarked upon a settled life the Arab began to apply architectural metaphors in his cosmology, so that the sky, the home

out in fourteen typical villages in both Upper and Lower Egypt.

It was with this naked poverty in mind that we had to approach the problem of planning in Gourna.

The Question of Materials

It is clear that for village housing there is no way of providing the kind of buildings familiar in towns of concrete, steel and other industrially-produced materials, unless someone is prepared to subsidize each family to the extent of four or five hundred pounds. For Egypt such subsidization is out of the question. The only practical way of making any impression on our rural housing problem is by coming to terms with the materials and methods already in use among the peasants, and applying our expertise to improving them. For Egypt, at least, houses cannot come out of factories—not even building materials can—and it is vain to hope that we can house our peasants by making use of industrial power to produce prefabricated houses or standardized building elements. I have already said that many peasants cannot afford reeds for thatching, at 10 P.T. or 25 cents per load, and they cannot afford timber or fired bricks either.

There is, however, one material that exists in abundance all over Egypt, and of which, in fact, 90 per cent of our rural buildings are made. This is earth. Sun-dried earth brick is the everyday building material of all Egyptian peasants ; it has been used for thousands of years and is perfectly familiar to every peasant and village mason. Nearly all walls in every village in Egyp are made of mud-brick, which can be produced for next to nothing. Only roofing seems to prsent any problem to the village builder, for he cannot usually roof a room without having recourse to timber, which is in short supply in Egypt and consequently expensive.

The ancients, however, were able to build roofs of mud-brick just as easily as they could build walls. They had a technique for building mud-brick vaults without using supports or centering, a technique that today exists, as far as I have been able to find out, only among a few villagers in Nubia, though once it was known across the ancient East from Babylon to Egypt. This mtehod of vault construction, which was probably forced upon its inventors, as upon us, by the scarcity of good roofing material in Egypt, we adopted in Gourna as the only possible solution to the problem of providing cheap buildings that any peasant could copy with the materials readily available to him.

Mud-brick is a perfectly adequate material for permanent houses. The ordinary hand-made brick of the villages is quite strong enough ; its crushing-load is 10 kgs/sq. cm., whereas in an ordinary peasant house it is never subjected to a stress greater than 3 kgs/sq. cm. In a very dry climate vaulted structures in mud-brick have lasted for many centuries without any attention at all, though for normal use, especially in districts with a heavy rainfall, the mud-brick structures must be protected underneath by a damp-proof course and on top by a water-repellent plaster. Such plasters may be very cheaply prepared today with various emulsions of bitumen and paraffin.

The vaults have the shape of a catenary curve. This shape arrived at as the best by the ancient builders and still preserved today in Nubia, handed down though perhaps a hundred generations of illiterate peasant masons, is strangely modern in conception. Its property of ensuring that all stresses are compressive enables us to use so humble a material as mud-brick, which will not take bending stresses at all, for roofing. What could be more up-to-date than the idea of giving strength through geometry, as in the hyperbolic paraboloids so dear to some modern architects and constructors ?

A mud-brick vault should not exceed a span of three metres. A larger pace, but of course a square one, may be roofed with a dome. The combination of vaults and domes that

the Council great authority by making it directly responsible to the President.

The cultural problem before us is vast, and so is the problem of regenerating Arab architecture. I have selected two aspects only, both of which occupied me in Gourna in Upper Egypt, and both of which, I feel, are of importance in building towns as well as villages. One of these is the feeling that the Arab has for man-made space, and the other is the process of decision-making in building.

Gourna: The Locale and the Problem

Gourna is a string of hamlets with a total population of 6,300, occupying the site of some very important antiquities—the Tombs of the Nobles on the hills opposite Luxor. The people of Gourna used to make a substantial part of their living by excavating these tombs and selling their finds, which naturally vexed archaeologists and the government department responsible for preserving our ancient monuments. It was therefore decided to build a new village about four miles nearer the river, well clear of the tombs, and to move the population there. In 1945-1946 I was given the job of designing the new village. We erected the main public buildings and about a hundred houses, but for a variety of reasons the village was not completed; nevertheless we had the opportunity to try out several interesting ideas. Recently, the government has decided to resume the experiment and to complete the village along the original lines of the plan.

It is perhaps worth remarking here that Gourna, in spite of its population of 6,300, is a village and not a town. Whereas in Europe or America a settlement of such a size would probably rank as a town, in Egypt it would scarcely be rich enough to support the amenities of a town; Gourna, too, is very close to Luxor, which conducts local administration.

I am fully aware of the different natures and problems of villages and towns; indeed, these differences will interest us very deeply as we proceed. Nevertheless, village and town planning have many features in common and, however a town and a village may differ in size and complexity, the vital patterns of planning are the same in each. The town planner may observe in a village, unclouded by commercial consideration and on a scale small enough to be immediately apprehended, the basic essentials of planning human settlements.

When we began to plan Gourna, there was a law in force which required, in view of the urgent need to do something about the desperately bad housing in Egyptian villages, that a new building project in a village must be in some way a model project, meaning that it must embody standards markedly higher than those prevailing before. I took the term "model" to mean a prototype that could be repeated. I wished to build houses that would serve as practical models to peasants wishing to build. For this reason, and quite irrespective of the budget allotted by the government, I restricted myself to the means that the peasant would actually have at his disposal. The average cash income of an Egyptian peasant was 4 pounds a year. Such a tiny sum puts him beneath consideration economically. He cannot afford to buy anything but the most urgent necessities of life and many of these he cannot afford. No system of calculation based upon the estimated cost of these necessities can explain how he manages to live. Of course, he largely lives without using money as a medium of exchange.

The key to the peasant's survival is his tradition of cooperation. In activities as far apart as banking and building there is a rigorously prescribed tradition of communal help that enables the peasant to acquire bread, for example, at the cost of the grain, and a house apparently for nothing. The 4 pounds is indeed a statistical fiction, and no peasant can afford any substantial outlay on something as big as house. So poor are many peasants that they cannot afford even reeds to thatch their houses; 27 per cent of rooms were found to be roofless in a survey carried

PLANNING AND BUILDING IN THE ARAB TRADITION: THE VILLAGE EXPERIMENT AT GOURNA

By

HASSAN FATHY

Member of Research Group, Athens Technological Institute.

The highest goodness, water-like,
Does good to everything and goes
Unmurmuring to places men despise;
But so, is close in nature to the way.

Lao Tzu

The failure of Modern

There is something basically wrong with our cities and villages today. It is not merely that they have become surpassingly ugly, but that, in spite of the recent technical advances and the highly expert work that our town-planners and architects are putting into town and village planning and architectural design, every single building manages to increase that ugliness, and every attempt to remedy the situation only underlines the ugliness more heavily.

There are plenty of examples to illustrate this situation. In Cairo, a flagrant case is that of Khalig el Masri Street. This was once a canal lined with well-designed houses whose gardens, with their terraces, pergolas and steps, gave straight on the water. The canal was filled in to become a street, but even then, with a tram-line running down the middle of it, in parts its charm remained; the houses were still well-proportioned and harmonious, and it was sufficiently inconvenient to discourage traffic.

Very recently this street was widened as part of a city replanning scheme, with the result that it drained all the traffic from the neighbouring streets and in no time at all became hopelessly congested. Not only that, but because the street was now more important the old houses were pulled down to make way for the high and ugly buildings with their shop fronts that we see today. In every respect—beauty, convenience and calm—the attempted improvement has made things worse.

A further example, typical of many, may be seen in the Egyptian provincial town of Benha, where we have tried to improve the visual effect by putting up a statue of Zaghloul on an ancient Egyptian-style pedestal in the town square. The effect of this incongruous mixture of ancient and modern, amid the shabby European-type buildings and the dust of the square, is transcendentally hideous.

It is surprising that we have failed in all our attempts to remedy the architectural mess in Egypt. The reason is that we have approached the case at the technological level, which can affect only the surface of the problem without realization of the much deeper problem, the whole crisis in Arab culture. Until we recognize that the root of our problem is the Arab himself, the human being who is at once the heir of our Arab civilization and an individual in the middle of the Twentieth Century, and until this human being enters into all our plans and calculations, we can never approach a satisfactory solution.

A first step has been taken. The government has created the High Council of Arts and Letters to reorient all cultural activities towards a really Arab culture, and has given

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretarial at the address of the Egineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T.60 per annum.

Subscription for others P.T.200 per annum.

HEAD OFFICE

Cairo : Egyptian Society of Engineers,
28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

Sole agents for advertisements to be inserted in this periodical :

Moassasset Misr for Printing and Publication,
14, Zaki Str., Tawfikieh, Cairo.
Tel. 51601.

JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS
U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

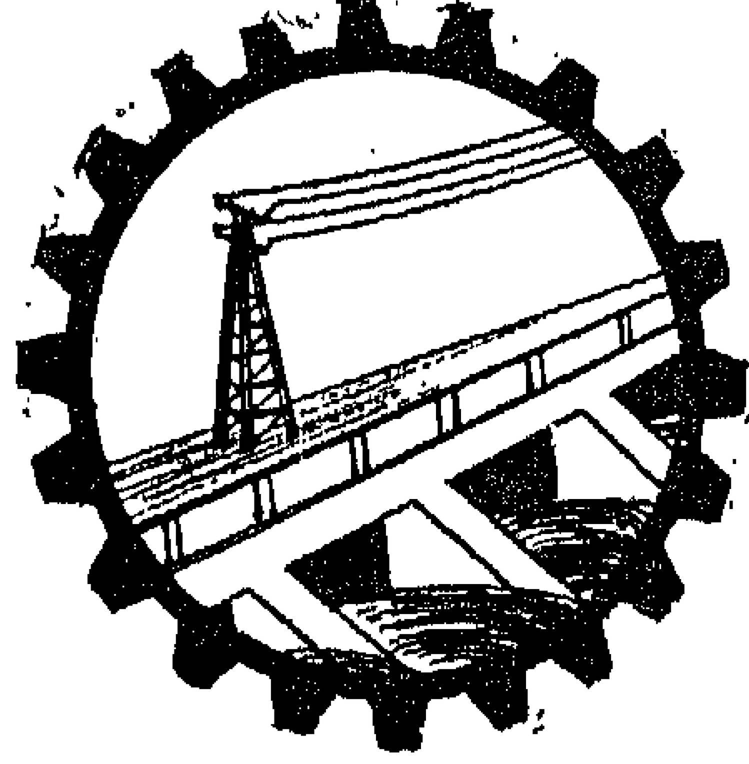
VOL. III — No. 1 — JANUARY 1964

CONTENTS

ENGLISH SECTION

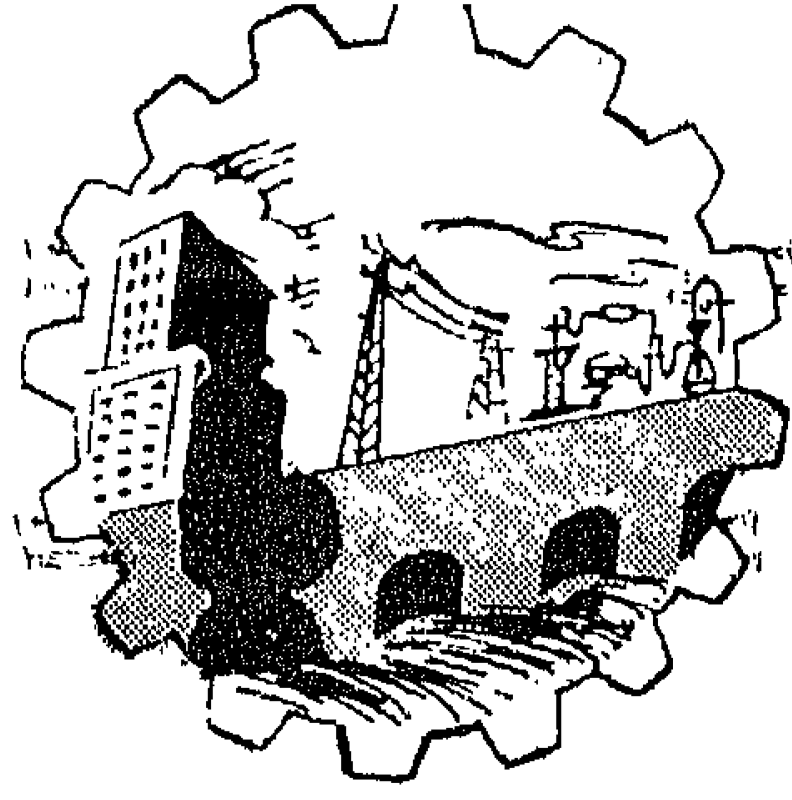
ARABIC SECTION

"Mondiale" Press — Cairo



JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U.A.R.

JANUARY 1964
Vol. III
No. 1



مجلة

جمعية المهندسين المصرية

العدد الثانى — المجلد الثالث — أبريل ١٩٦٤

مجلة

جمعية المهندسين

المصرية

مجلة علمية هندسية — تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

السنة الثالثة — العدد الثانى — أبريل ١٩٦٤

محتويات هذا العدد

القسم العربى

القسم الأفرنجى

بيـانات :

مقر المجـلة :

بالقاهرة

جمعية المهندسين المصرية

٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة

تليفون ٥٢١٠٦

الاشتراكات:

- جميع أعضـاء جمعية المهندسـين بالقاهرة مشتركون فى المجـلة بحكم عضويتهم .

لغير الأعضـاء :

الاشـتراك السنوى

للمهندس	للهيئات
٦٠ ص	٢٠٠ ص

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة .
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأى تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسئولة عن الآراء التى تنشر وتعبر عن رأى كاتبها فقط

الإعلانات:

مؤسسة مصر للطباعة والإعلان والنشر

١٤ شارع زكى بالتوفيقية - القاهرة تليفون ٥١٦٠١

اجراء بعض التجارب لدراسة خصائص الرشاشات المائية

للدكتور : على بليغ

الجزء الأول

مقدمة :

بدت أهمية زراعة الأرض دون تسويتها فى اتباع طريقة الرى بالرش واضحة فى بلادنا . وبدأ المهندس أن يضع الآف الأفدنة تحت هذا النظام مع محاولة تصنيع المهمات اللازمة له ، وبذا أصبحت الرشاشة من الآلات الهيدروليكية التى يجب علينا دراسة العوامل التى تؤثر على خصائصها ومدى صلاحيتها خاصة ولا زالت طرق تصنيعها وإجراء التجارب عليها قاصرة على شركات الاحتكار . والأهمية التى تدعو إلى هذه الدراسة تبدو واضحة عند مشاهدة إحدى الرشاشات الشائعة الاستعمال فى كثير من الدول تسبب تساقط أزهار أشجار الفاكهة عندنا نتيجة لتصادم قطرات المياه الكبيرة نسبياً أو عند مشاهدة حقول بعض المحاصيل التى يظهر بها النمو الخضرى بأحجام متباينة ويتخللها بعض المساحات الخالية منها والتى تدل على عدم إنتظام توزيع مياه الرى . وإذا حاول المزارع ملافاة ذلك النقص بزيادة عدد ساعات التشغيل فالفاقد بالتسرب فى باقى المساحة كبير والتكاليف عالية علاوة على أن نظام الرى بالرش له ميزة التحكم فى تحديد كميات المياه التى يمكن للمزارع سحبها لرى أرضه وأى محاولة لزيادتها فيها انتقاص لنصيب جاره الذى يشترك معه فى نفس المجموعة ونفس المشكلة . وقد يتعذر التعويض كلية إذا كانت الطاقة المستخدمة فى ضغط المياه تعتمد على إدارة المحركات الكهربية وهى جامدة التشغيل — لثبوت عدد لفاتها فى وحدة الزمن — غير أنها تمتاز بإمكان تشغيلها بصفة مستمرة ، لذا يلجأ المهندس إلى استخدامها لتقلل تكاليف الرى السنوية فتصمم المجموعة لتعمل ٢٤ ساعة أيام فترة الاحتياجات المائية القصوى وهنا لا سبيل لزيادة عدد ساعات الإدارة بغرض تغطية سوء توزيع مياه الرى .

وعدم انتظام توزيع الرى قد يكون نتيجة لسبب أو أكثر من الأسباب الآتية :

١ — زيادة سرعة الحركة الدائرية للرشاشة إلى الحد الذى يقل فيه القطر الفعلى لدائرة الرش مما يسبب التركيز داخل الدائرة وعدم انتظام التوزيع عند تداخل دوائر الرش السابق تقرير أقطارها بما يختلف مع الواقع .

الاختلاف الكبير فى سرعة الحركة الدائرية للرشاشة فى الدورة الكاملة لها (وخاصة عند ميل محورها عن الوضع الرأسى بسبب ميل الأرض) مما يسبب تركيز الرش فى قطاعات من الدائرة (Sectors) .

٣ — عدم انتظام تدرج توزيع سمك مياه الرش من موقع الرش إلى نهاية دائرة الرش مما يسبب عدم انتظام التوزيع عند تداخل دائرة الرش مع مثيلاتها .

٤ — عدم ثبات انتظام تدرج توزيع سمك مياه الرش عند اختلاف ضغط التشغيل عن الضغط التصميمى ، خاصة واختلاف ضغط التشغيل يلازم عملية الرى بسبب استمرار

تشغيل أية ماسورة تقالى أثناء فترات نقل المواسير التقالى الأخرى للمجوعة (يجرى النقل دون إبطال الطلمبة) .

٥ — وضع الرشاشات على مسافات لا تتفق مع أقطار دوائر الري للرشاشة .

٦ — ارتفاع منحنى الرمو إلى درجة تأثر التوزيع بحركة الرياح .

وقد اختص هـذا الجزء من الدراسة بإجراء بعض التجارب الخاصة بسرعة الحركة الدائرية (البندين الأول والثانى) حيث يسهل عملها بالمعمل .

هذا ولعدم إثارة الجدل حول الرشاشة أختيرت الرشاشة المصرية رقم ٢٣ والمفروض شرح كيفية إجراء التجارب ومناقشة النتائج دون اتخاذ الأرقام المطلقة لها كأساس للمقارنة مع أيه رشاشة أخرى .

الجزء الأول :

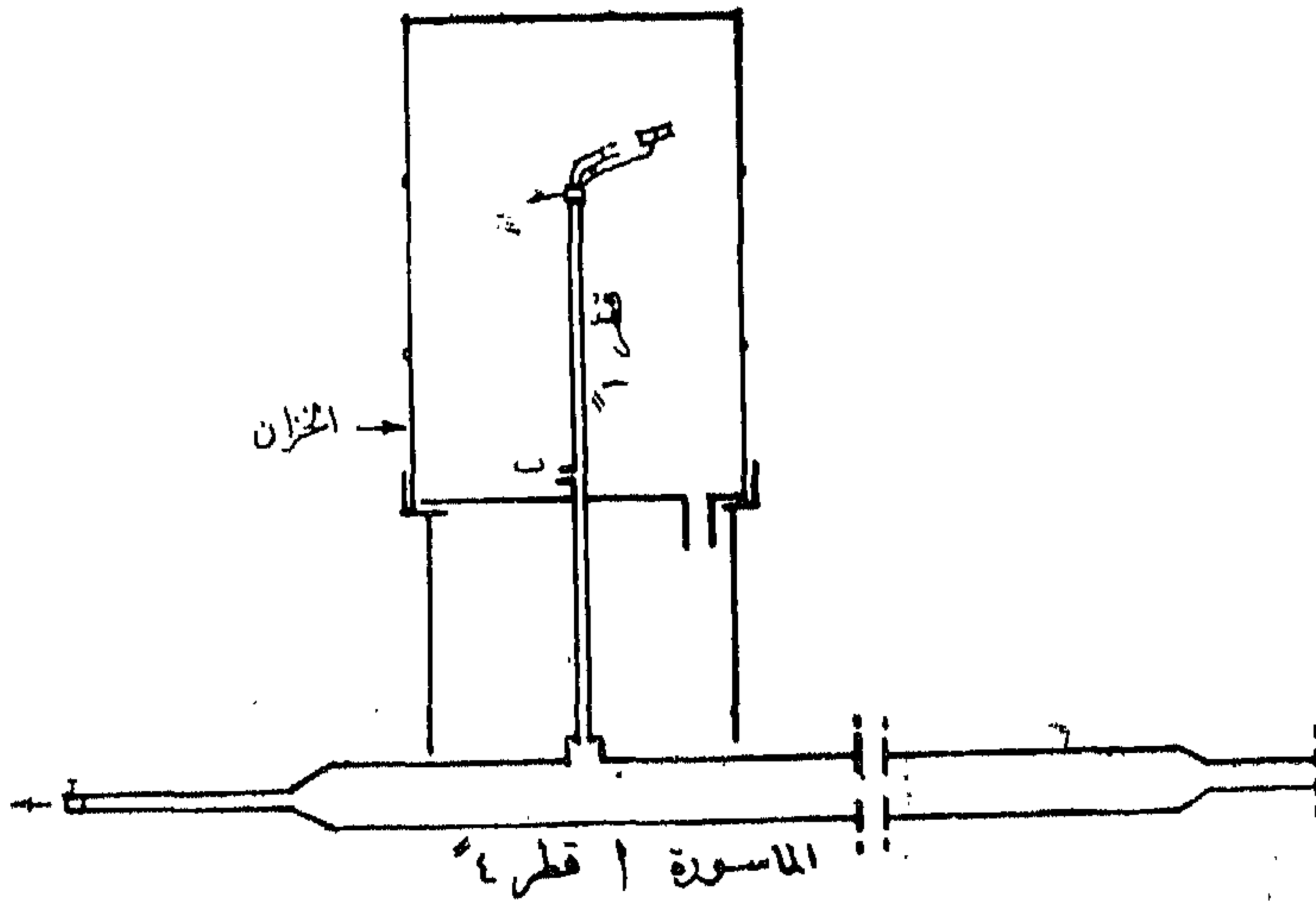
التجارب الخاصة بسرعة الحركة الدائرية للرشاشة :

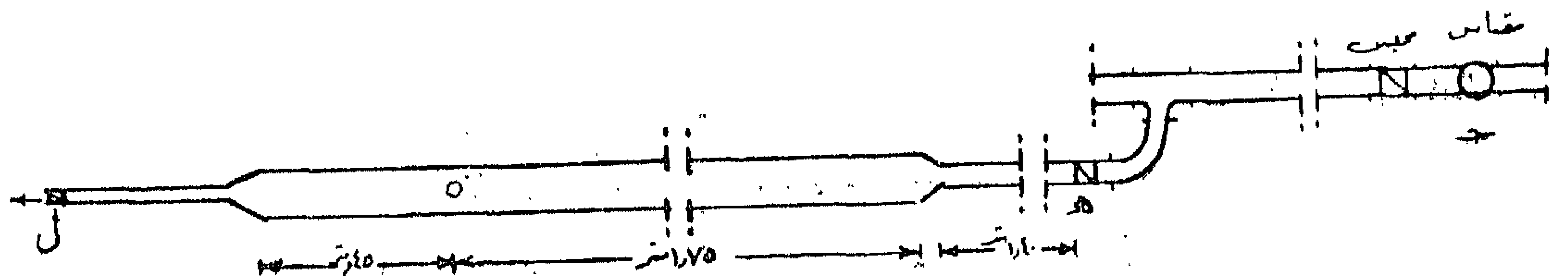
وصـف الجهاز :

الجهاز المستعمل بسيط كما يتبين من الشكل (١) ويتكون الجزء الرئيسى منه من ماسورة أفقية « مجلفنة » (ا) قطر ٤ بوصه طول ٢٫٢٠ متر تغذى ماسورة رأسية قطر (١°) طول ١٫١٠ متر ، تركب الرشاشة بنهايتها . وعند منتصف الماسورة الرأسية توجد فتحة جانبية (ب) متصلة بقياس ضغط (م) . ويمكن تحريك الماسورة الرأسية فى مستوى عمودى على المحور الطولى للماسورة الأفقية بواسطة لف الماسورة الأفقية (ا) بالنسبة للماسورة المغذية لها .

ويتغذى الجهاز من مياه المدينة من فرع الماسورة العمومية مركب عليه مقياس تصرف (ج) « عداد المنزل » يليه محبس رئيسى (د) تتصل به ماسورة قطر ١½ بوصة تتفرع إلى فرع خاص بالجهاز يؤدى إلى كوع ٩٠ بنهايته ماسورة مركب عليها محبس (هـ) تؤدى إلى الماسورة (ا) قطر ٤° السابق وصفها وتنتهى الماسورة الأخيرة بماسورة قطر ¾ بوصة مركب عليها محبس (ل) الغرض منه مساعدة المحبسين (د) و (هـ) فى الوصول إلى ضغط معين عند فوهة الرشاشة

شكل رقم (١)
جهاز تجربة الرشاشات

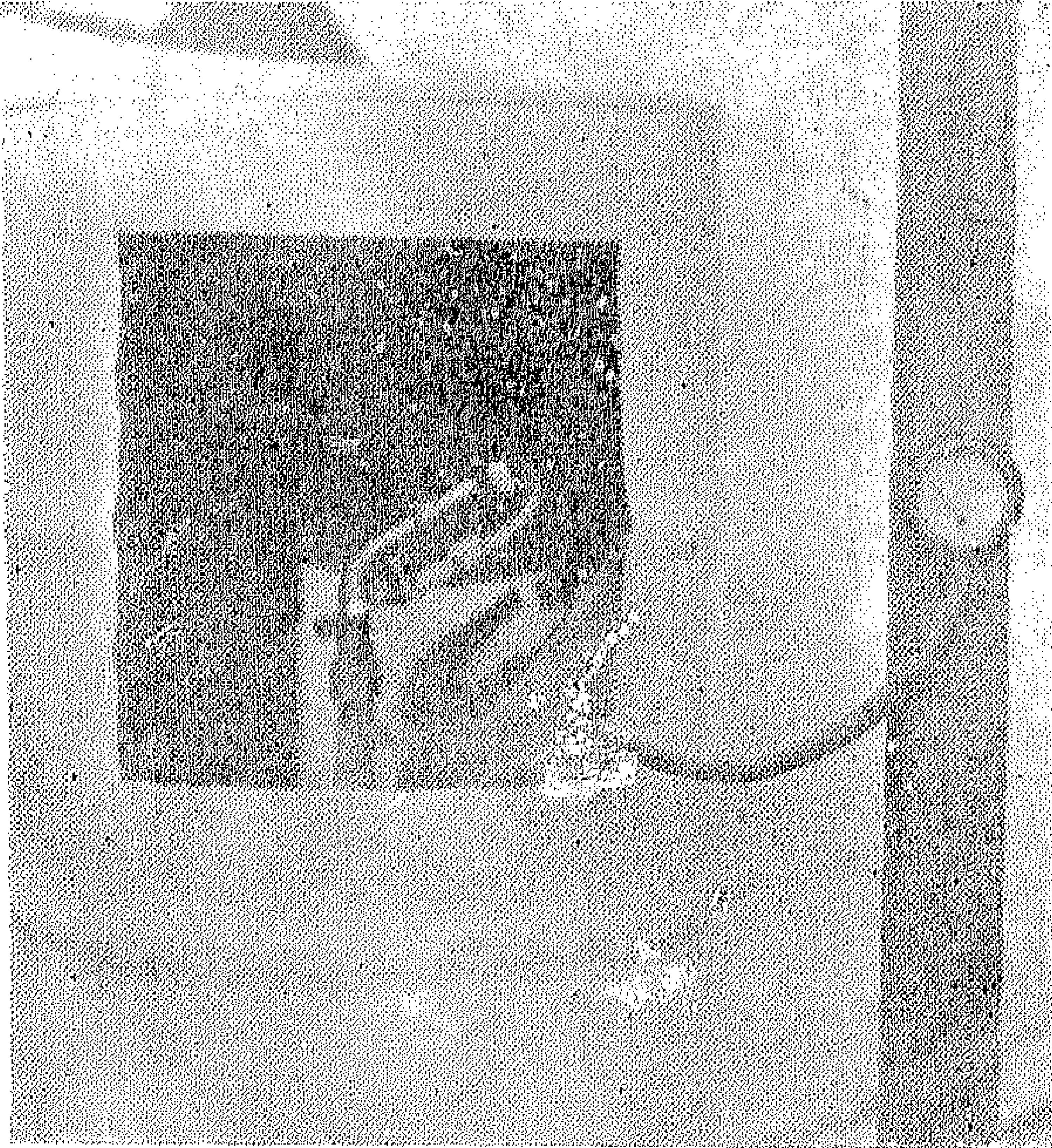




(قيس الضاغط للمياه الخارجة بواسطة مقياس ضغط يدوى على مسافة حوالى ١ سم من قوة الرشاشة حسب المتبع دائماً عند قيام الشركات المنتجة بعمل جداول التصرفات وكما يتبع التحقيق من ضغط الرشاشات فى الحقل) . وبقراءة مقياس الضغط (م) حددت العلاقة بينهما .

تحتوى الرشاشة على خزان عملت بسطحه العلوى أربع فتحات متعامدة يمكن منها رؤية الرشة أثناء دورانها وتقدير سرعتها كل ربع دائرة كما عملت فتحة جانبية كبيرة جهز لها باب به جزء من الزجاج يمكن بوضعه إلقاء الضوء على الرشاشة ومشاهدة دورانها . كما يمكن تضييق الفتحة الجانبية بشريحة رأسية مع ترك مسافة تخرج منها المياه للتأكد من عدد اللفات الكاملة فى حالة الرشاشات ذات الفوهتين .

كما عملت فتحة فى قاع الخزان يمكن تجميع المياه المنصرفة منها لقياس كمياتها فى حالة أحكام قفل باقى الفتحات لقياس تصرف الرشاشة .



إجراء التجارب :

بالتحكم فى المحبسين (و) و (ه) (مع قفل محبس الفرع الموصل إلى المنزل) ومساعدة الحركة البطيئة للمحبس (ل) أمكن تحديد ضغط معين عند فوهة الرشاشات بعد تثبيت الذراع المحرك لها وكانت الضغوط المستعملة هى ٢ ، ٢ ١/٢ ، ٣ كيلو جرام على السنتيمتر المربع وكالمتبع دائماً قيست بمقياس ضغط يدوى يجعل فوهته إلى مسافة حوالى ١ سم من فوهة الرشاشة ورصدت قراءة مقياس الضغط (م) لكل منها ، وتكررت هذه العملية لثلاث فوهات أقطارها ٣/١٦ ، ١/٤ ، ٥/١٦ بوصة وحددت العلاقة بين قراءات المقياسين .

عندما أجريت التجارب لوحظ أن سرعة الرشاشة لا تثبت إلا بعد حوالى ١٥ دقيقة من بدء تشغيلها مع ثبوت الضغط . لذا تركت الرشاشة لفترة تزيد عن ٢٠ دقيقة من بدء كل تجربة قبل قياس سرعة الدورات والتعليل المقبول لعدم انتظام السرعة عند بدء التجربة هو عدم اكتمال بلولة أسطح الدوران أثناء الفترة الأولى من التشغيل .

هذا وقد حسبت السرعة برصد الزمن اللازم لدورة كاملة من دورات الرشاشة ولكل حالة أخذ المتوسط الحسابى للزمن اللازم لثلاث دورات منفصلة ويمكن إدراج النتائج كالآتى :

أولا : دراسة تأثير تغيير سعة فتحة فوهة الرشاشة على سرعة دورانها استعملت فى هذه التجربة ثلاث فوهات أقطارها ٣/١٦ ″ ، ١/٤ ″ ، ٥/١٦ ″ مع ثبوت باقى العوامل المؤثرة . وقد تبين أنه كلما وسعت الفوهة كلما زادت سرعة الرشاشة . ويمكن تعليل ذلك بأن :

زيادة سعة الفوهة تزيد كمية المياه التى تصدم نهاية الذراع المتحرك أى تزيد الدفع الواقع على الذراع وبالتالى تزداد زاوية الابتعاد القصوى له وتختزن السوستة هذه الطاقة لتعطيها فوراً إلى الذراع فتعيده ثانية إلى الرشاشة ولما كان :

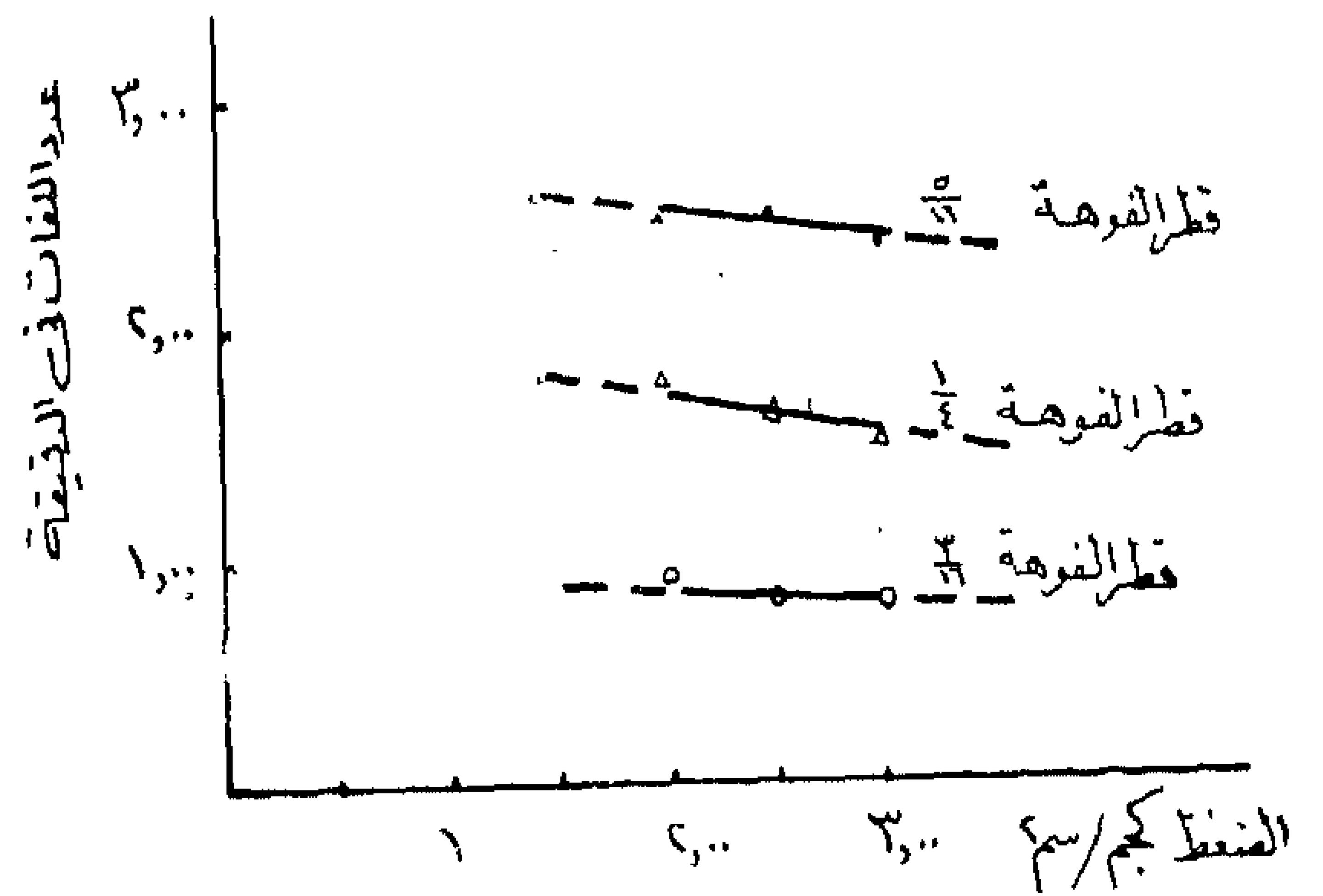
الدفع الواقع على الرشاشة نتيجة عودة الذراع =

العزم الذاتى للرشاشة × التغيير فى السرعة الدائرية .

لذلك فإن زيادة الدفع الواقع على الرشاشة يزيد السرعة الدائرية لها وبالتالى فإن زيادة سعة الفوهة يزيد السرعة الدائرية لها .

ثانياً : دراسة تأثير زيادة الضغط المائى على سرعة دوران الرشاشة :

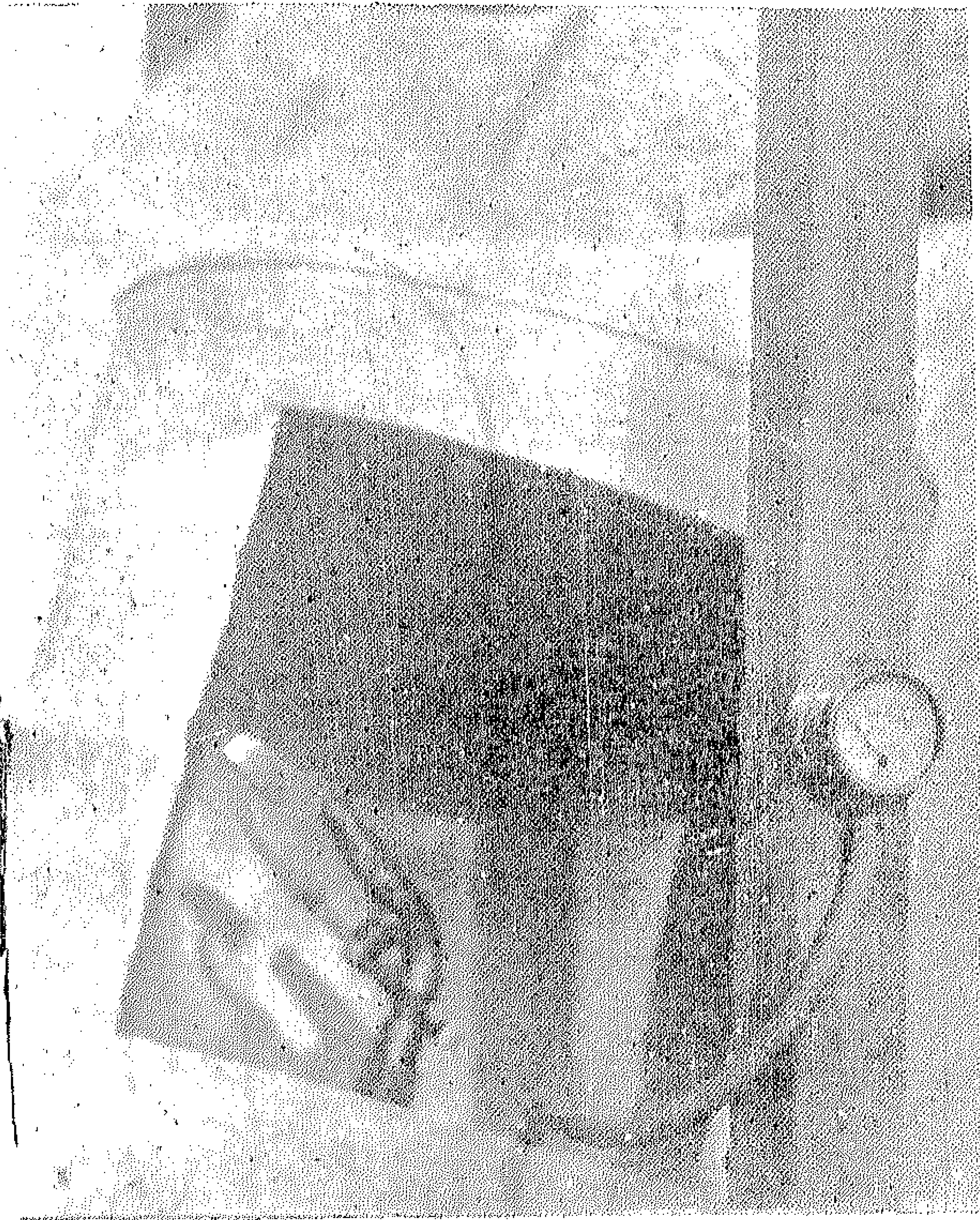
وبإجراء التجارب السابقة الخاصة بالثلاث فوهات قطر $\frac{٣}{١٦}$ ، $\frac{١}{٤}$ ، $\frac{٥}{١٦}$ تحت ضغوط ثابتة مقدارها ٢ ، ٢٫٥ ، ٣٫ــ كيلوجرام على السنتيمتر المربع أمكن رسم الشكل رقم ٢ . ومنه يتضح أن زيادة ضغط المياه يظل سرعة دوران الرشاشة وتعليل ذلك أن زيادة ضغط المياه يزيد القوة الواقعة على الجزء المتحرك من الرشاشة فيزداد الإحتكاك بين سطحى الدوران الأفقيان ، وبالتالى تزداد مقاومة حركة الرشاشة للدوران فتقل سرعتها .



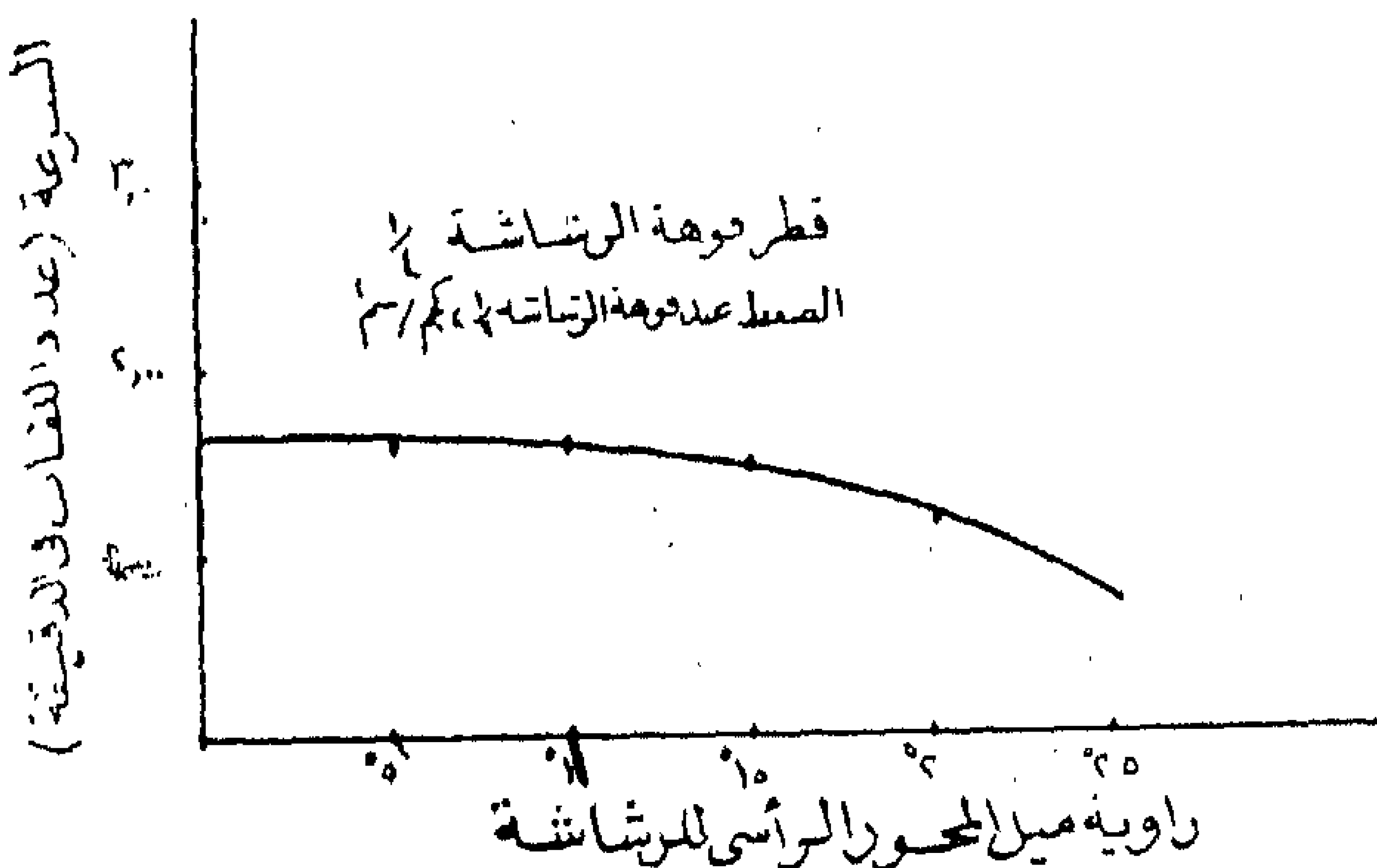
شكل رقم (٢) يبين العلاقة بين الضغط عند الفوهة والسرعة

ثالثاً : دراسة تأثير زاوية ميل الرشاشة عن الوضع الرأسى لها (حالة إنحدار أرض الزراعة وميل الماسورة النقالى والرشاشة تبعاً لها) .

فى هذه التجارب استعملت الفوهة قطر $\frac{١}{٤}$ وبتثبيت الضغط على $٢\frac{١}{٢}$ كيلوجرام على السنتيمتر المربع أجريت التجارب على أساس تغيير زاوية ميل الماسورة الراسية الحاملة للرشاشة من صفر إلى ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٢٥ درجة على التــوالى وقد اتضح أنه بينما لم تتأثر سرعة الدوران



بدرجة محسوسة عند وضع المحور الراسى للرشاشة بزاوية ١٠ ، ١٥ درجة . غير أن السرعة بدت تقل عند وضعها على زاوية ٢٠ ، ٢٥ درجة كما يتضح من الشكل رقم ٣ . كما كان واضحاً عــدم إنتظام سرعة الرشاشة فى الدورة الواحدة . هذا وقد نصل إلى نتائج أفضل باستعمال المقاس



شكل رقم (٣) يبين العلاقة بين زاوية ميل المحور الرأسى للرشاشة والسرعة

الأصغر للرشاشة أو رفع الضغط عن ٢½ كيلو جرام على السنتيمتر المربع وهو ما تعذر عمله لظروف خارجة عن التجربة .

من ذلك يتضح ضرورة فحص معامل توزيع أى رشاشة Uniformity Coeff فى حقل التجارب[1] مع وضع محررها الرأسى بزاوية الميل التى ستتعرض لها فى المنطقة التى ستعمل بها . مع توصية القائمين بنقل المواسير بضرورة وضع الماسورة الحاملة للرشاشات فى نفس المستوى الرأسى الذى يشمل محور الماسورة النقالى ، وخاصة بالنسبة للرشاشات التى تعتمد فى حركتها على ذراع به ثقل يتأثر بميل الرشاشة عن وضعها الرأسى .

(١) « دراسة العوامل المؤثرة فى توزيع مياه الرى بالرش » . العدد الأول من المجلة الفنية لوزارة الأشغال العمومية — أغسطس سنة ١٩٥٦ .

إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام

دكتور مهندس بطرس مينا بطرس

بحث شامل لنظريات التشكيل ومدى تطابقها مع النتائج العملية . دراسة المتغيرات وتأثيراتها على معدن المواسير . مواد التزييت الأكاديمية والتجارية وعلاقتها بالاحتكاك الحادث بين جدران المواسير واسطمبات السحب .

(١)

مقدمة :

تعددت الأبحاث التى أجريت حتى اليوم على موضوعات تصنيع المواسير الحديدية وغير الحديدية ، على البارد بدون لحام . ولقد شملت هذه الأبحاث فترة زمنية طويلة يمكن تقديرها بحوالى أربعين عاماً .

ولقد اتجه الرأى أولاً ، فى التحليل النظرى ، إلى اعتبار أن العملية ترتكز على أسس الجهد المستوى ، أى مع إهمال الجهد فى الاتجاه الثالث . وهذا التحليل يصح قبوله فى حالات المواسير رفيعة الجدران . ثم أدخلت عليها بعض التعديلات الحديثة باعتبار أن العملية ترتكز على أسس تناسق الجهد المحورى ، والتى تأخذ فى الاعتبار تأثير الجهود فى الثلاث اتجاهات الرئيسية . ومن النظريات التى بنيت على هذا التحليل نظرية سويفت لسحب المواسير فارغة ، ونظرية بطرس لكى المواسير .

ولقد قورنت كثير من هذه النظرات بنتائج التجارب العملية التى قام بها المؤلف وآخرون فى هذا المجال .

ومن العوامل الهامة التى تؤثر على ناتج سحب المواسير أو كيها تصميم الاسطمبات ، ثم الاحتكاك الحادث ومواد التزييت المستعملة . ولقد أجريت كثير من التجارب لدراسة هذه

التأثيرات وتحليلها وبيان مدى تأثر النظريات السابقة بها . ولعل مواد التزييت وطبيعة الاحتكاك من أكثر ما تهتم بدراسته المصانع المنتجة لهذا النوع من المواسير . ولقد قام المؤلف بكثير من التحاليل على هذا الموضوع الهام ، ومنها تقدير قيمة معامل الاحتكاك بين جدران المواسير وأسطح الاسطمبات أثناء عمليات السحب ، وبعد قياس القوى المختلفة المؤثرة على الأجزاء العاملة . ولما كانت الخطوات الأولى السابق استخدامها بواسطة المؤلف هى حساب متوسط معامل الاحتكاك على طول سطح الاسطمبة ، لذلك تجرى الآن بعض الأبحاث بكلية الهندسة تحت إشراف المؤلف لتحديد مدى التغير فى معامل الاحتكاك على طول أسطح التلاصق ، كما تجرى محاولات لقياس معامل الاحتكاك بين أسطح الماسورة الداخلية وجدار الدليل الداخلى .

كذلك يقوم المؤلف بدراسة مدى تأثر أبعاد الماسورة بعد السحب بدرجة مرونة الاسطمبة وتأثرها بالضغوط الجانبية والتى تصل إلى أضعاف قوى السحب الفعلية .

ومن النتائج الهامة التى حصل عليها المؤلف صلاحية بعض مواد التزييت لمعادن معينة ، وعدم صلاحيتها لبعض المعادن الأخرى ، وذلك بالنسبة لعدم إمكان تماسك مادة التزييت هذه على أسطح المواسير ، وتمزقها أثناء عملية السحب . ومن هذه المواد محلول الصابون والذى يناسب عمليات سحب مواسير الصلب ، ولا يناسب المواسير غير الحديدية ، بالرغم من استمرار استخدام هذه الطريقة الأخيرة حتى الآن بالصناعة ، مما يزيد من أحمال السحب ويفسد طبيعة أسطح المواسير بعد تشكيلها على البارد ، والتى هى من أهم مميزات هذا النوع من التشكيل .

تبدأ عملية إنتاج المواسير غير الملحومة بتسخين كتل اسطوانية معدنية ، ثم خرقها بواسطة دفعها على عمود يمر خلال هذه الكتلة وبطول محورها . ولما كانت درجة تسخين المعدن فى هذه المرحلة أعلى من درجة الحرارة الحرجة ، فان العملية تتم على الساخن .

تبدأ بعد ذلك عمليات سحب هذه المواسير القصيرة ذات السمك الكبير ، خلال اسطمبات ذات أشكال مناسبة سيأتى الكلام عنها فيما بعد ، على البارد . وكل نوع من هذه الاسطمبات له تأثيراته الخاصة على ناتج العملية ، وعلى كل من مقدار الطاقة المبذولة فى السحب والجهود الحادثة فى جدران المواسير .

ويقصد بعملية السحب على البارد أنها تتم بدون إعادة تسخين المواسير ، ولا يشترط أن تكون درجة حرارة المواسير هى درجة حرارة الغرفة . فقط يشترط أن تكون درجة الحرارة هذه أقل من الدرجة الحرجة للمعدن ، والتى يتغير عندها تركيبه البللورى . وتتأثر خواصه الطبيعية والميكانيكية تبعاً لذلك . ومن الأسباب التى تهدف إليها الصناعة فى سحب المواسير على البارد وليس على الساخن هو الحصول على أبعاد دقيقة للمواسير ، والذى يصعب الحصول عليه عند السحب على الساخن . كما أن هذه العمليات تساعد على صقل أسطح المواسير وعلى الأخص الخارجية منها مع درجة عالية لدقة التشطيب . ومن عيوب هذه العمليات أنها تحد من درجة لدونة المعدن وتزيد من صلادته (Strain Hardening)

تقسيم عملية سحب المواسير :

يمكن تقسيم عملية سحب المواسير على البارد إلى الأنواع الرئيسية المبينة بالشكل (١) وهى كالآتى :

(أ) **ضغط المواسير فارغة (Hollow Pressing) ، وفيها تدفع المواسير بواسطة الضغط عليها خلال الاسطمبة بدون استخدام دليل داخلى .**

(ب) سحب المواسير فارغة (Hollow Drawing or Sinking) ، وفيها تسحب المواسير خلال الاسطمبة بدون دليل داخلى ولا تتحكم مثل هذه العملية أو الأدوات المستخدمة تماماً فى شكل وخواص المواسير الناتجة .

(حـ) سحب المواسير مع دليل ثابت (Plug drawing) ، يوضع الدليل داخل فتحة الاسطمبة بحيث ينطبق محوره مع محور الماسورة ثم يثبت الدليل فى مكانه . تسحب الماسورة خلال الفراغ المحصور بين الأداتين وتتحكم الاسطمبة والدليل فى سمك الماسورة وفى قطرها الخارجى . وهناك طريقة مشابهة مع دليل متحرك يسحب هو الآخر خلال فتحة الاسطمبة مع الماسورة نفسها وتسمى هذه العملية بسحب المواسير مع دليل متحرك Mandrel drawing .

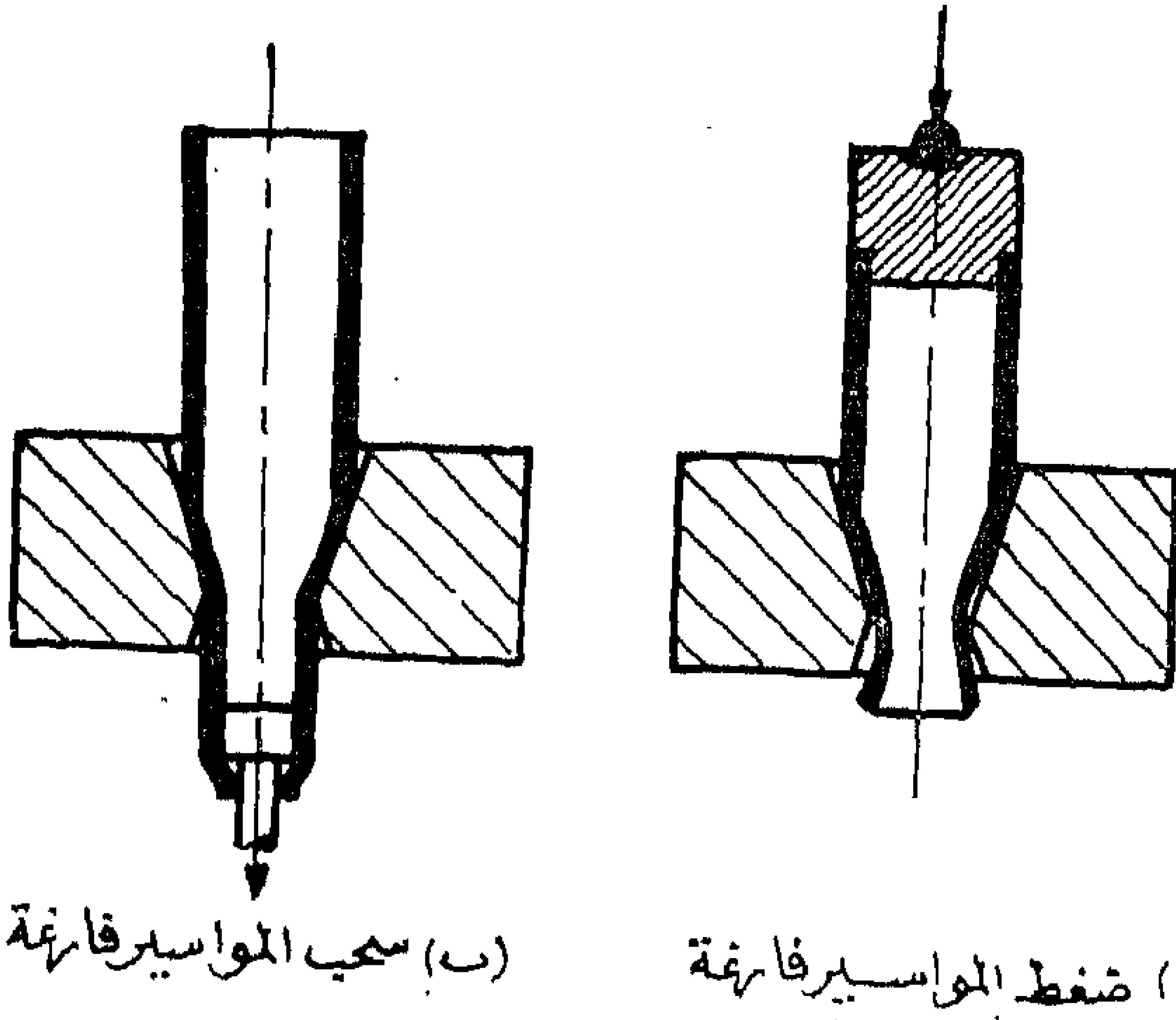
(ى) كى المواسير (Tube Ironing) ، وفيها يبقى القطر الداخلى على ما هو عليه باستخدام دليل متحرك أو ثابت وينحصر التغير هنا فى قطر الماسورة الخارجى . وعليه يقل سمك جدران الماسورة وتقل مساحة المقطع تبعاً لذلك .

دراسات نظرية

تعرف اللدونة بأنها الصفة التى تسبب تغيراً دائماً فى شكل جسم ما بدون حدوث أى كسر ، وذلك عند تعرض الجسم لتأثير قوى خارجية وعند دراسة خط بيانى الجهد — الإجهاد لمعدن ما تظهر عليه منطقتان واضحتان إحداها منطقة المرونة

والأخرى منطقة اللدونة . ويصحب هاتين نقطتى الإنسياب ، الأولى على حدود منطقة المرونة حيث تتغير صفات خط بيانى الجهد — الاجهاد والثانية هى نقطة الكسر .

شكل (١)

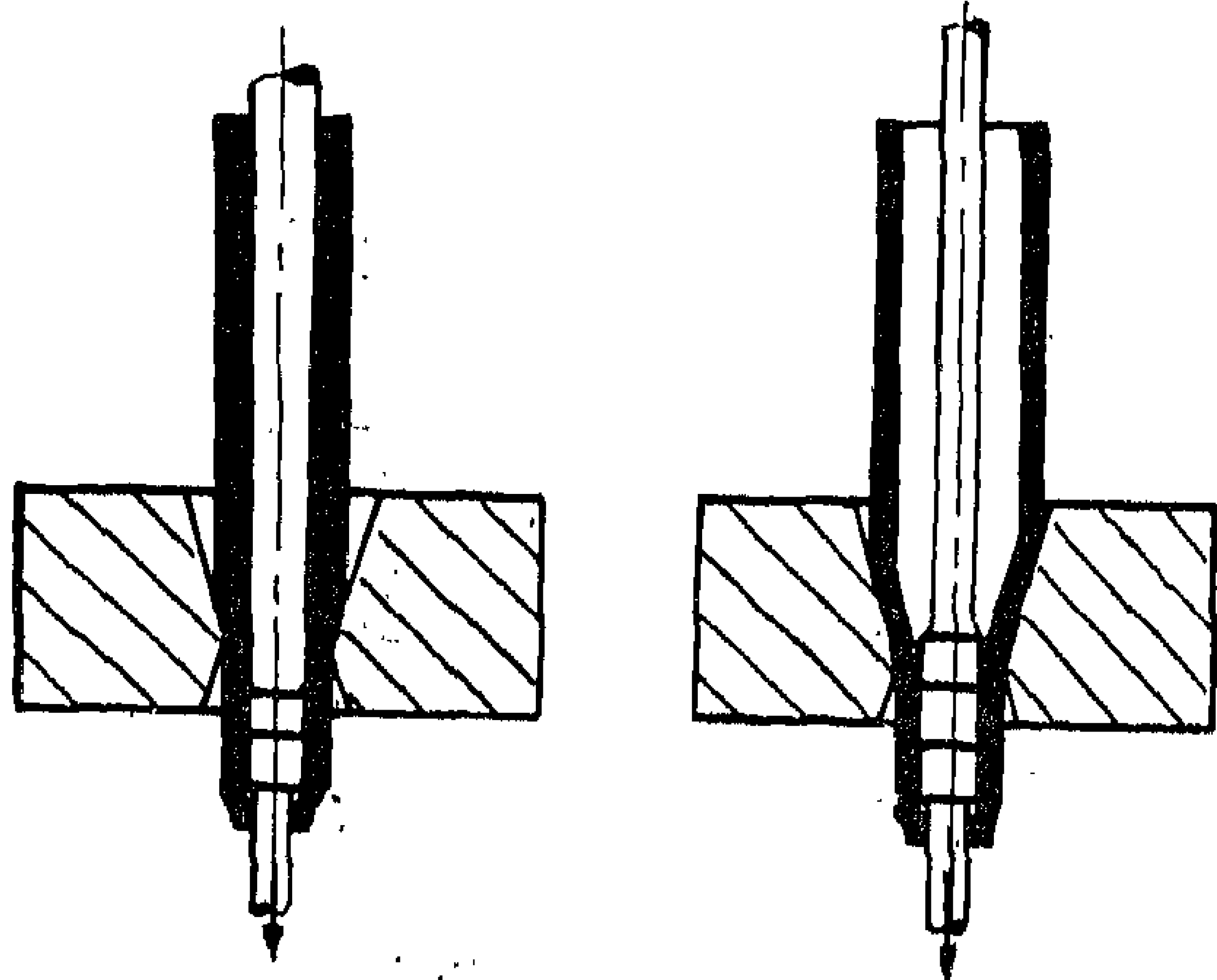


(أ) ضغط المواسير فارغة (ب) سحب المواسير فارغة

ولقد وضع الكثيرون نظريات مختلفة لشرح ما يحدث فى المعادن عند حدوث الإنسياب أو الكسر تحت تأثير إجهادات مركبة Combined Stress System فأوضح جست Guest (١) ثم أثبت بعده الكثيرون (٢) ، (٣) ، (٤) أن انسياب المعادن المرنة يخضع لقيمة أقصى إجهاد قص واقترحت المعادلة

$$ل\,(ض_{س}\text{ ، }ض_{ص}\text{ ، }ض_{ط}) = ت_{م}$$

لربط الإجهادات الرئيسية الثلاث ، وإجهاد المعدن تحت تأثير الشد البسيط (Yield Stress In Simple Tension) ومن أهم التفسيرات للمعادلة السابقة نظرية العالمان ميزس وهنكى (Mises-Hencky) والتى تعطى العلاقة التالية بين المتغيرات السابق ذكرها .



(ج) سحب المواسير مع دليل ثابت (د) كى المواسير

$$(ض_{س} - ض_{ص})^{٢} + (ض_{ص} - ض_{ط})^{٢} + (ض_{ط} - ض_{س})^{٢} \doteq ٢\,ت_{م}^{٢}$$

أما نظرية تريسكا (Tresca) فتعتمد على ثبوت أقصى إجهاد قص ، أى القص الواقع على سطح منصف للزاوية بين أكبر وأقل إجهادات رئيسية ، بفرض أنها ض$_{س}$ ، ض$_{ط}$. وتعطى هذه النظرية العلاقة كما يأتى : —

$$(ض_{س} - ض_{ط} = ت_{م})$$

ولقد اتبعت طريقتان مختلفتان فى التحليل النظرى لعمليات السحب بشتى طرقها السابق التكلم عنها . ولقد بنيت الطريقة الأولى على أساس إعتبار أن الجهود الحادثة تتجمع فى مستو واحد ، مع إهمال الجهد فى الاتجاه المتعاقد على هذا المستوى . أما الطريقة الثانية ، والتى رجحت صلاحيتها عن الطريقة السابقة ، وعلى الأخص بعد مقارنة فروضها مع النتائج العملية لمختلف التجارب التى عملت فى هذا المحيط ، تبنى هـذه النظرية الثانية على أساس اعتبار الجهود متناسقة التوزيع حول محور الماسورة . هذا مع العلم بأنه قد إستعين أحياناً ببعض التقريب حتى يمكن الوصول إلى حلول وقيم نظرية مناسبة يمكن التعويض فيها عن المتغيرات المختلفة وتمثيلها بخطوط بيانية للمقارنة بينها وبين النتائج العملية .

نظرية سويفت (٥) لتحليل عمليات ضغط المواسير أو سحبها فارغة (٦) — علماً بأن أساس هذه النظرية تناسق الجهود وانتظام توزيعها حول محور الماسورة :

أهمل سويفت ، عند تحليل هذه النظرية ، تأثيرات ثنى الجـــدران إلى الداخل ثم إلى الخارج ثانية ، أثناء مرور الماسورة خلال الأسطمبة وبتحليل توازن حلقة صغيرة — شكل (٢) — واقعة تحت تأثير القوى المختلفة الموجودة أثناء عملية السحب (مع إهمال قوة الاحتكاك مؤقتاً) ، نجد أن :

بالتحليل فى الإتجاه الأفقى لنصف الحلقة :

$$\therefore\ \text{٢ ضط . ءل . ك} + \text{ضس ٢ . نق . ك . حا}\alpha = (\text{ضس} + \text{ءضس})\ \text{٢ .} (\text{نق} + \text{ءنق})$$

$$\text{ك . حا}\alpha + \text{ضس ٢ . نق . ءل . حتا}\alpha$$

وبإهمال الحد ءضس ءنق . ك . حاα . ك

وأيضاً بملاحظة أن $\frac{\text{ءس}}{\text{ءل}} = \text{حا}\,\alpha$ يمكن الوصول إلى أن

$$\text{ضط . ك} = \text{ضن . نق . حتا}\alpha + \text{حا}\alpha\ .\ \frac{\text{ء}}{\text{ءس}}\,(\text{ضس . ك . نق . حا}\alpha) \quad \text{———— (١)}$$

وبتحليل القوى المؤثرة فى الإتجاه الرأسى للحلقة بكاملها .

$$\therefore\ \text{٢ ط . نق . ضس . ك . حتا}\alpha + \text{ءل . ٢ ط} \left(\text{نق} + \frac{\text{ءس}}{\text{٢}}\right) \text{. ضن . حا}\alpha =$$

$$\text{٢ ط} (\text{نق} + \text{ءنق}) \text{. ك} (\text{ضس} + \text{ءضس}) \text{. حتا}\alpha$$

ومنها الوصول إلى أن :

$$\text{نق . ضن} = \text{ك . حتا}\alpha \left(\text{نق} \frac{\text{ء ضس}}{\text{ءس}} + \text{ضس}\right) = \frac{\text{ء}}{\text{ءنق}}\,(\text{ضس . ك . نق . حتا}\alpha) \quad \text{(٢)}$$

وبحذف ضن بين المعادلتين ١ ، ٢ نجد أن

$$\text{ضط . ك} = \frac{\text{ء}}{\text{ءس}}\,(\text{ضس . ك . نق . حتا}\alpha)\ \text{حتا}\alpha + \frac{\text{ء}}{\text{ءس}}\,(\text{ضس . ك . نق . حا}\alpha)\ \text{حا}\alpha$$

$$= \text{نق .} \frac{\text{ء}}{\text{ءس}}\,(\text{ضس . ك}) + \text{ضس . ك} \quad \text{———— (٣)}$$

ويمكن إعداد معادلة أخرى تربط ما بين ضس ، ضط أساسها طبيعة لدونة المعـــدن . وبعد بعض المحاولات التجريبية والمقارنة بين نظريتى هنــكى وتريسكا السابق ذكرها ، أمكن الوصول إلى أن النظرية الأولى أضبط للتحليل وهى التى تمثل بالمعادلة :

$$(\text{ضن} - \text{ضط})^{2} + (\text{ضط} - \text{ضس})^{2} + (\text{ضس} - \text{ضن})^{2} = \text{٢ت}_{\text{س}}^{2}$$

أولا : بإهمال التغير فى سمك الجدران فى حساب الإجهادات .

يمكن إختصار المعادلة (٣) إلى

$$ص_ط = ض_س + ىو . \frac{ى ض_س}{ى ىو}$$

بوضع ض‌ط . ك $= \frac{ى}{ى س}$ (ض‌س . ك . ىو) بالمعادلة (١) نجد أن

$$ص_ط . ك = ض_ى . ىو . حتا \alpha + حا^2 \alpha . ض_ط . ك$$

أى أن $$ض_ى = ض_ط . ك . \frac{حا \alpha}{ىو}$$

والتى يمكن إهمالها فى أغلب العمليات المعتادة .

وتصبح معادلة اللدونة على الصورة .

$$ض^2_ط - ض_ط . ض_س + ض^2_س = ت^2_ش$$

أو $$٤ ض^2_ط - ٤ ض_ط . ض_س + ٤ ض^2_س = ٤ ت^2_ش$$

ومنها يمكن القول بأن

$$ض_ط = \frac{1}{2} (ض_س \pm \sqrt{٤ ت^2_ش - ض^2_س})$$

بالتعويض فى المعادلة (٣) نجد أن :

$$\frac{1}{2} (ض_س \pm \sqrt{٤ ت^2_ش - ٣ ض^2_س}) . ك$$

$$= ىو . \frac{ى}{ى س} (ض_س . ك) + ض_س . ك$$

$$\therefore ىو . \frac{ى ض_س}{ى ض_س} = \frac{1}{2} \left(- ض_س \pm \sqrt{٤ ت^2_س - ٣ ض^2_س} \right)$$

بالقسمة على ت‌ش وبفرض $\frac{ض_س}{ت_ش} = س$

ينتج أن

$$\frac{ت_س . ى ىو . ى س}{ىو . ى ض_س} = \frac{٢ . ى س}{- س \pm \sqrt{٤ - ٣ س^2}}$$

ولما كانت $\frac{\text{ض}_{\text{س}}}{\text{ت}} = \text{س}$

$$\text{د ض}_{\text{س}} = \text{ت} \,.\, \text{د س}$$

$$\therefore \tfrac{1}{2} \frac{\text{د نق}}{\text{نق}} + \frac{\text{د س}}{\text{س} \mp \sqrt{4 - 3\,\text{س}^{2}}} = \text{صفر}$$

في حالة سحب الماسورة من نصف قطر نق إلى نق_{1} نجد أن

$$(\text{أ})\quad \tfrac{1}{2} \,.\, \frac{\text{د نق}}{\text{نق}} + \frac{\text{د س}}{\text{س} - \sqrt{4 - 3\,\text{س}^{2}}} = \text{صفر}$$

$$\therefore \tfrac{1}{2} \int_{\text{نق}_{\text{صفر}}}^{\text{نق}} \frac{\text{د نق}}{\text{نق}} + \frac{\text{د س}}{\text{س} - \sqrt{4 - 3\,\text{س}^{2}}} = \text{صفر}$$

$$\tfrac{1}{2} \,\text{لو}\, \frac{\text{نق}}{\text{نق}_{\text{صفر}}} + \tfrac{1}{4}\,\text{لو} \left(\frac{\text{س}}{2} - \sqrt{1 - \tfrac{3}{4}\,\text{س}^{2}} \right) - \frac{\sqrt{3}}{4}\,\text{حا}^{-1} \frac{\sqrt{3}}{2}\,\text{س} = \text{صفر}$$

$$\therefore 2\,\text{لو}\, \frac{\text{نق}}{\text{نق}_{\text{صفر}}} + \text{لو} \left(\frac{\text{س}}{2} - \sqrt{1 - \tfrac{3}{4}\,\text{س}^{2}} \right) - \sqrt{3}\,\text{حا}^{-1} \frac{\sqrt{3}}{2}\,\text{س} = \text{صفر}$$

$$(\text{ب})\quad \tfrac{1}{2} \frac{\text{د نق}}{\text{نق}} + \frac{\text{د س}}{\text{س} + \sqrt{4 - 3\,\text{س}^{2}}} = \text{صفر}$$ وبالتكامل

$$\therefore 2\,\text{لو}\, \frac{\text{نق}}{\text{نق}_{\text{صفر}}} + \text{لو} \left(\frac{\text{س}}{2} + \sqrt{1 - \tfrac{3}{4}\,\text{س}^{2}} \right) + \sqrt{3}\,\text{حا}^{-1} \frac{\sqrt{3}}{2}\,\text{س} = \text{صفر}$$

بتحليل الحالة الأولى (أ) نجد أنه بفرض س $<$ ١ أو $>$ ١ أو أى قيمة سالبة نجد أن

لو $\left(\frac{\text{س}}{2} - \sqrt{1 - \tfrac{3}{4}\,\text{س}^{2}} \right)$ تكون لو (كمية سالبة).

وهذا لا يمكن حدوثه ، لأنه فى حالة ص = لو$_{\text{هـ}}$ − ع

$$\therefore \text{هـ}^{\text{ص}} = -\text{ع}$$

وهذا لا يكون لأى قيمة موجبة أو سالبة للمقدار ص

وبفرض أن س = ١

$$\therefore \text{لو} \left(\frac{\text{س}}{٢} - \sqrt{١ - \frac{٣}{٤}\text{س}^٢} \right) = \text{لو صفر} = \text{ص}$$

∴ هـ س = صفر

∴ ص قيمتها سالبة .

وهذه أيضاً لا معنى لها فى دراستنا الحالية .

وعلى ذلك فإن الحالة (ا) لا مجال لها فى التحليل الحاضر . وكما سبق القول

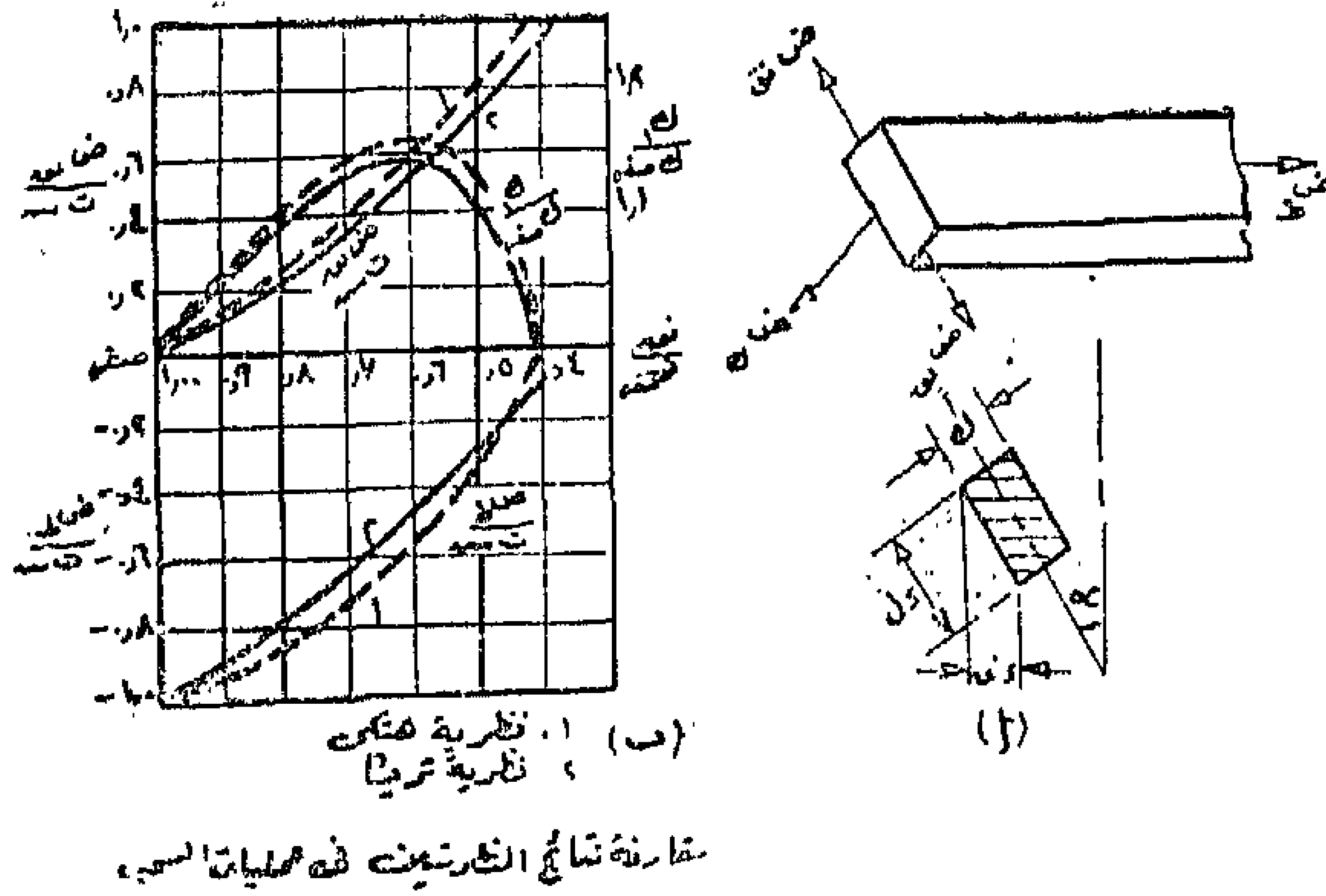
$$\text{ض}_\text{ط} = \frac{١}{٢} \left(\text{ض}_\text{ن} \pm \sqrt{٤\,\text{ت}^٢_\text{س} - ٣\,\text{ض}^٢_\text{ن}} \right)$$

$$\therefore \frac{\text{ض}_\text{ط}}{\text{ت}_\text{س}} = \frac{١}{٢} \left(\frac{\text{ض}_\text{ن}}{\text{ت}_\text{س}} \pm \sqrt{٤ - ٣\left(\frac{\text{ض}_\text{ن}}{\text{ت}_\text{س}}\right)^٢} \right)$$

$$= \frac{\text{س}}{٢} \pm \sqrt{١ - \frac{٣}{٤}\text{س}^٢}$$

ويبين شكل (٢ — ب) خطوط بيانية لقيم الإجهادات نصف القطرية ض ن والإجهادات المحيطة ض ط عند أى نصف قطر ن بجدران ماسورة سحبت من نصف قطر أصلى ن صفر . ويمكن معرفة قيمة الإجهاد عند عنق الاسطمبة (حيث تمثل ض ن قوة السحب) ، بالتعويض عن ن بالقيمة ن١ . ويبين الجزء من الخط البيانى بين ن = ن صفر ، ن = ن١ التغيرات فى معدل الإجهاد وذلك أثناء حركة الماسورة خلال الاسطمبة .

أما فى حالة ضغط المواسير فيمكن استخدام نفس المعادلة السابقة لحساب قيم الإجهادات بشرط التعويض عن ن صفر بالقيمة ن١ ، وتكون قيم س سالبة . وحتى يمكن المقارنة مع بعض عمليات السحب يحسن إعطاء قيم الإجهادات بدلالة التخفيض من ن صفر .



مقارنة نتائج النظريتين فى عمليات السحب

شكل (٢)

والآن يجب اعتبار التغير فى سمك جدران الماسورة . وهذا التغير يمكن إدخاله فى المعادلات باعتبار العلاقة بين الجهد والإجهاد للانسياب اللدن.

من التشابه بين دوائر مور Mohr's Circle للزيادات فى الجهد والإجهاد .

$$\therefore \frac{\frac{\text{ء ك}}{\text{ك}}}{\frac{\text{ء ن}}{\text{ن}}} = \frac{\text{ض}_\text{ك} - \bar{\text{ض}}}{\text{ض}_\text{ط} - \bar{\text{ض}}} = \frac{٢\,\text{ض}_\text{ك} - \text{ض}_\text{ن} - \text{ض}_\text{ط}}{٢\,\text{ض}_\text{ط} - \text{ض}_\text{ن} - \text{ض}_\text{ك}}$$

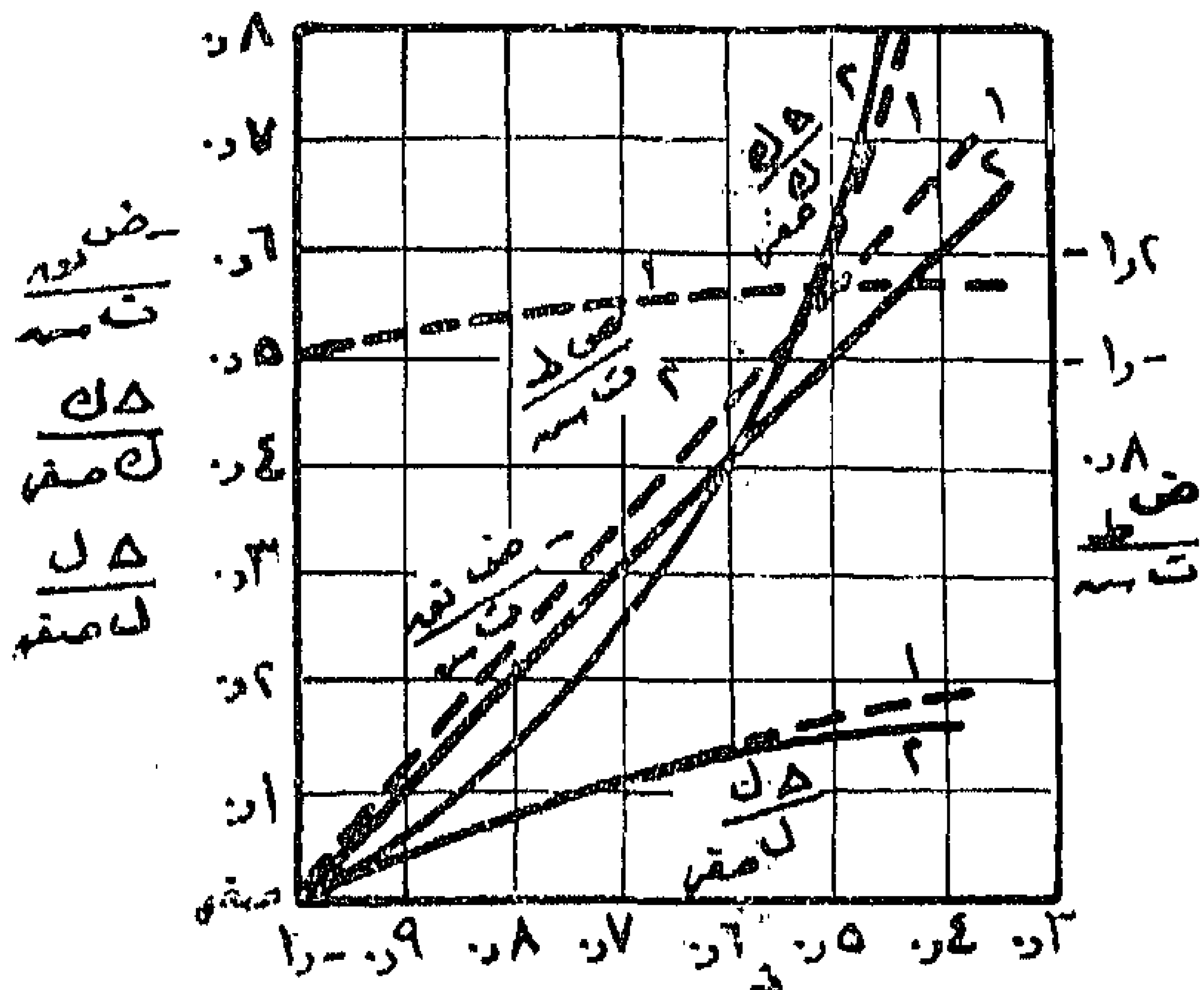
$$\text{حيث } \bar{\text{ض}} = \frac{\text{ض}_\text{ن} + \text{ض}_\text{ك} + \text{ض}_\text{ط}}{٣}$$

وهذه العلاقة صحيحة بغض النظر عن قيم الإجهادات الرئيسية الثلاث النسبية أو إشارتها .

ولما كانت قيمة ض$_{ع}$ بسيطة ويمكن إهمالها .

$$\therefore \frac{\frac{\text{دك}}{\text{ك}}}{\frac{\text{دس}}{\text{س}}} = \frac{\text{ض}_{\text{س}} + \text{ض}_{\text{ط}}}{\text{ض}_{\text{س}} - \text{ض}_{\text{ط}}} \quad \text{———} \quad (٤)$$

ومن حقيقة بقاء حجم المعدن ثابتاً .



مقارنة نتائج النظريتين في عمليات الضغط

شكل (٣)

$$\therefore \frac{\text{دك}}{\text{ك}} : \frac{\text{دس}}{\text{س}} : \frac{\text{دل}}{\text{ل}} = (\text{ض}_{\text{س}} + \text{ض}_{\text{ط}}) : (\text{ض}_{\text{س}} - ٢\,\text{ض}_{\text{ط}}) : (-٢\,\text{ض}_{\text{س}} + \text{ض}_{\text{ط}})$$

حيث $\frac{\text{دل}}{\text{ل}}$ تساوى الجهد فى اتجاه ض$_{\text{س}}$

وإذا سحبت الاسطوانة من نصف قطر أصلى نق$_{\text{صفر}}$ إلى نصف قطر أصغر نق$_{١}$ ، فإنه يمكن الحصول على قيمة ض$_{\text{س}}$ من المعادلة .

$$٢\ \text{لو}\ \frac{\text{نق}}{\text{نق}_{\text{صفر}}} + \text{لو} \left(\frac{\text{س}}{٢} + \sqrt{١ - \frac{٣}{٤}\text{س}^{٢}} \right) + \sqrt{٣}\ \text{حا}^{-١} \frac{\sqrt{٣}}{٢}\text{س} = \text{صفر}$$

وبفرض أن $\text{حا}^{-١} \frac{\sqrt{٣}}{٢}\text{س} = \Theta$

$$\therefore \text{حا}\ \Theta = \frac{\sqrt{٣}}{٢}\text{س}$$

$$\therefore \text{جتا}\ \Theta = \frac{\sqrt{٤ - ٣\,\text{س}^{٢}}}{٢}$$

وبعد الاختصار تصبح المعادلة السابقة بالصورة :

$$\text{لو}\ \frac{\text{نق}}{\text{نق}_{\text{صفر}}} + \frac{١}{٢} \left(\text{لو حا} \left(\Theta + \frac{\pi}{٣}\right) - \text{لو حا}\ \frac{\pi}{٣} \right) + \frac{\sqrt{٣}}{٢}\Theta = \text{صفر} \quad \text{———} \quad (٥)$$

والآن $$\frac{\frac{\text{ءك}}{\text{ك}}}{\frac{\text{ءى}}{\text{ى}}} = \frac{\text{ض}_{\text{س}} + \text{ض}_{\text{ط}}}{\text{ض}_{\text{س}} - ٢\,\text{ض}_{\text{ط}}} = \frac{٣\text{س} - \sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}}}{٢\sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}}}$$

$$\therefore \frac{\text{ءك}}{\text{ك}} = \frac{٣\text{س} - \sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}}}{٢\sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}}} \cdot \frac{\text{ءى}}{\text{ى}}$$

، $$\frac{\text{ءى}}{\text{ى}} = -\frac{٢ \cdot \text{ءس}}{\text{س} + \sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}}}$$

$$\therefore \frac{\text{ءك}}{\text{ك}} = \frac{٣\text{س} - \sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}}}{٢\sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}}} \cdot -\frac{٢ \cdot \text{ءس}}{\text{س} + \sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}}}$$

$$= \frac{\sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}} - ٣\,\text{س}}{\text{س}\sqrt{٤ - ٣\text{س}^{٢}} + ٤ - ٣\text{س}^{٢}} \cdot \text{ءس}$$

بوضع $\text{حا}\,\Theta = \frac{\sqrt{٣}}{٢}\text{س}$

$$\therefore \frac{\sqrt{٣}}{٢} \cdot \text{ءس} = \text{حتا}\,\Theta \cdot \text{ء}\Theta$$

$$\therefore \text{س} = \frac{٢}{\sqrt{٣}}\,\text{حا}\,\Theta$$

، $$\text{ءس} = \frac{٢}{\sqrt{٣}}\,\text{حتا}\,\Theta \cdot \text{ء}\Theta$$

$$\therefore \frac{\text{ءك}}{\text{ك}} = \frac{\sqrt{٤ - ٣ \times \frac{٤}{٣}\text{حا}^{٢}\Theta} - ٣ \times \frac{٢}{\sqrt{٣}}\,\text{حا}\,\Theta}{\frac{٢}{\sqrt{٣}}\,\text{حا}\,\Theta\sqrt{٤ - ٣ \times \frac{٤}{٣}\text{حا}^{٢}\Theta} + ٤ - ٣ \times \frac{٤}{٣}\text{حا}^{٢}\Theta} \cdot \frac{٢}{\sqrt{٣}}\,\text{حتا}\,\Theta \;\; \text{ء}\Theta$$

$$= \frac{\text{حتا}\,\Theta - \sqrt{٣}\,\text{حا}\,\Theta}{\text{حا}\,\Theta + \sqrt{٣}\,\text{حتا}\,\Theta} \cdot \text{ء}\Theta$$

$$\therefore \left. \text{ك} \right|_{\text{ك}_{\text{صفر}}} = \left(\frac{\text{ءك}}{\text{ك}} = \frac{\text{حتا}\,\Theta - \sqrt{٣}\,\text{حا}\,\Theta}{\text{حا}\,\Theta + \sqrt{٣}\,\text{حتا}\,\Theta} \cdot \text{ء}\Theta \right.$$

$$\therefore \frac{\text{ك}}{\text{ك}_{\text{صفر}}} = ٢\,\text{حتا}\left(\Theta - \frac{\pi}{٦}\right) \qquad (٦)$$

ويبين الشكل (٢ – ب) قيم المقادير $\frac{ض_س}{ت_س}$ ، $\frac{ض_ط}{ت_س}$ ، $\frac{ل}{ل_{صفر}}$ وطبيعة تغيرها مع قيم $\frac{ن}{ن_{صفر}}$

وبتطبيق نظرية تريسكا وتحليلهـا بطريقة مماثلة للطريقة السابقة أمكن رسم الخطوط البيانية الموضحة على نفس الشكل (٢ – ب) لمقارنتها بنتائج نظرية هنكى .

ويبين شكل (٣) مقارنة مماثلة بين النظريتين فى حالة ضغط المواسير . هذا مع ملاحظة ما يأتى :

أولا — تعطى نظرية هنكى معادلة مماثلة للمعادلة (٥) فى حالة السحب بشرط أن يستعاض عن $ن_{صفر}$ بالقيمة $ن_١$ وتعطى س قيم سالبة . وفى عملية السحب تـكتسب قيم الإجهادات والجهود بدلالة التخفيض من نصف القطر $ن_{صفر}$ أما فى حالة الضغط لا تـكون الإجهادات والجهود عند قيم ن المختلفة قيم محدودة للنسبة $\frac{ن}{ن_{صفر}}$ كما كان الحـال فى السحب ولـكنها تعتمد أيضاً على النسبة $\frac{ن_١}{ن_{صفر}}$

ثانياً — عند تطبيق نظرية تريسكا على عمليات ضغط المواسير تـكون طبيعة ض س هو الضغط فى حالات المعـادن التى تشكل مع فرض عدم حدوث احتكاك أو زيادة الصلادة :

مع استخدام نظرية تريسكا واعتبار التغير الذى قد يحدث فى سمك جدران الماسورة .

لعمليات السحب :

تعطى نظرية اللدونة لتريسكا العلاقة

$$ض_س - ض_ط = ت_س$$

وتعطى المعادلة (٣) السابق الحصول عليها العلاقة

$$ض_ط \cdot ل = ن \cdot \frac{ء}{ء ن} (ض_س \cdot ل) + ض_س \cdot ل$$

وبالتعويض من المعادلة الأولى فى الثانية (عن قيمة $ض_ط$) ينتج أن

$$ء ض_س + ض_س \cdot \frac{ء ل}{ل} + ت_س \cdot \frac{ء ن}{ن} = صفر \quad \text{———————— (١)}$$

ويعطى التشابه بين الزيادات فى الجهد والاجهاد العلاقة السابق ذكرها فى المعادلة (٤) وهى :

$$\frac{\text{ى ك}}{\text{ك}} \qquad \frac{\text{ى ع}}{\text{ع}} = \frac{\text{ض}_{\text{س}} + \text{ض}_{\text{ط}}}{\text{ض ع} - ٢\text{ض}_{\text{ط}}}$$ وبالتعويض عن قيمة $\text{ض}_{\text{ط}}$

$$\therefore \frac{\text{ى ك}}{\text{ك}} = \frac{\text{ى ع}}{\text{ع}} \cdot \frac{٢\,\text{ض}_{\text{س}} - \text{ت}_{\text{س}}}{٢\,\text{ت}_{\text{س}} - \text{ض}_{\text{س}}} \text{———————— (ب)}$$

ومن ثبوت حجم المعدن

$$\frac{\text{ى ع}}{\text{ع}} + \frac{\text{ى ك}}{\text{ك}} + \frac{\text{ى ل}}{\text{ل}} = \text{صفر} \text{————— (ج)}$$

وبالتعويض من المعادلة (ا) فى المعادلة (ب) ، مع ملاحظة أن

$$\text{ى ض}_{\text{س}} = \text{ت}_{\text{س}} \cdot \text{ى س}$$

وبالتكامل بين $\text{ك}_{\text{صفر}}$ ، ك ينتج أن

$$\text{لو}\,\frac{\text{ك}}{\text{ك}_{\text{صفر}}} = -\tfrac{٩}{٢}\,\text{لو}\,(١ - \text{س} + \text{س}^{٢}) \text{——————— (٧−ا)}$$

وبالتعويض عن قيمة $\frac{\text{ى ك}}{\text{ك}}$ فى المعادلة (ب)

وباختصار هذه المعادلة ثم إجراء التكامل للقيمة $\frac{\text{ى ع}}{\text{ع}}$ بين الحدود $\text{ع}_{\text{صفر}}$ ، ع نجد أن

$$\text{لو}\,\frac{\text{ع}}{\text{ع}_{\text{صفر}}} = \tfrac{١}{٤}\,\text{لو}\,(١ - \text{س} + \text{س}^{٢}) - \frac{\sqrt{٣}}{٢}\,\text{طا}^{-١}\,\frac{\text{س}}{٢ - \text{س}}\sqrt{٣} \text{——————— (٧−ب)}$$

ومن معادلة ثبوت حجم المعدن (ج) وبعد إجراء تكامل القيمة $\frac{\text{ى ل}}{\text{ل}}$ بين الحدود $\text{ل}_{\text{صفر}}$ ، ل نجد أن

$$\text{لو}\,\frac{\text{ل}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} = \tfrac{١}{٤}\,\text{لو}\,(١\ \text{س} + \text{س}^{٢}) + \frac{\sqrt{٣}}{٢}\,\text{طا}^{-١}\,\frac{\sqrt{٣}\,\text{س}}{٢ - \text{س}} \text{——————— (٧−ج)}$$

تحليل النظرية السابقة مع اعتبار تأثير كل من الاحتكاك وزيادة الصلادة والتغيرات فى سمك الجدران :

ويناقش هذا الجزء من النظرية باستخدام نظرية ترِيسكا . ويكون توزيع الإجهادات كما هو مبين تشكل (٥)

لعمليات الضغط :

شرط نظرية اللدونة يعطى

$$\text{ض}_{\text{ط}} = -\,\text{ت}_{\text{هـ}}$$

ومن المعادلة (٣) السابق ذكرها

$$\text{ض}_{\text{ه}} \,.\, \text{ك} = \text{نوه} \,.\, \frac{\text{ى}}{\text{ى نوه}}(\text{ض}_{\text{س}} \,.\, \text{ك}) + \text{ض}_{\text{س}} \,.\, \text{ك}$$

وبالتعويض عن قيمة ضط نجد أن

$$\text{ى ض}_{\text{نو}} + \text{ض}_{\text{س}} \,.\, \frac{\text{ى ك}}{\text{ك}} + (\text{ت}_{\text{س}} + \text{ض}_{\text{س}}) \,.\, \frac{\text{ى نوه}}{\text{نو}} = \text{صفر} \text{ ——— } (\text{ا}_{1})$$

ويعطى التشابه بين زيادات الجهد والاجهاد .

$$\frac{\frac{\text{ى ك}}{\text{ك}}}{\frac{\text{ى نوه}}{\text{نو}}} = \frac{\text{ض}_{\text{س}} + \text{ض}_{\text{ط}}}{\text{ض}_{\text{س}} - ٢\,\text{ض}_{\text{ط}}}$$

ثم بالتعويض عن ضط

$$\therefore \frac{\text{ى ك}}{\text{ك}} = \frac{\text{ى نوه}}{\text{نو}} \,.\, \frac{\text{ض}_{\text{س}} - \text{ت}_{\text{هـ}}}{\text{ض}_{\text{س}} + ٢\,\text{ت}_{\text{هـ}}} \text{ ——— } (\text{ب}_{1})$$

ومن معادلة ثبوت حجم المعدن وبفرض أن

$$\frac{\text{ض}_{\text{س}}}{\text{ت}_{\text{هـ}}} = \text{ع} \quad \text{أى أن} \quad \text{ى ض}_{\text{س}} = \text{ت}_{\text{هـ}} \,.\, \text{ى غ}$$

ومن المعادلة (ب_{1}) نجد أن

$$\frac{ى\,نق}{نق} = -\frac{١}{٤} \cdot \frac{٢ع + ١}{١ + ع + ع^{٢}} \cdot ى\,ع - \frac{٣}{(٢ + ع)^{٢} + ٣ع^{٢}} \cdot ى\,ع$$

وبالتكامل نصل إلى نفس الصورة السابق الحصول عليها فى المعادلة (٧ — ب) مع اختلاف بسيط فى إشارات المقام (التكامل يتم بين الحدود $نق_{١}$ ، $نق$) .

$$\therefore \text{لو} \frac{نق}{نق_{١}} = -\frac{١}{٤} \text{لو} (١ + ع + ع^{٢}) - \frac{\sqrt{٣}}{٢} \text{ طا}^{-١} \frac{\sqrt{٣}\,ع}{٢ + ع} \qquad (٨ - ١)$$

وبالتعويض عن قيمة $\frac{ى\,نق}{نق}$ فى المعادلة ($ب_{١}$) نجد أن

$$\frac{ى\,ك}{ك} = -\frac{١}{٤} \cdot \frac{٢ع + ١}{٢ + ع + ع^{٢}} \cdot ى\,ع + \frac{١}{٤} \cdot \frac{٣}{١ + ع + ع^{٢}}$$

وبالتكامل بين الحدود $ك_{١}$ ، $ك$ نجد أن

$$\text{لو} \frac{ك}{ك_{١}} = -\frac{١}{٤} \text{لو} (١ + ع + ع^{٢}) + \frac{\sqrt{٣}}{٢} \text{ طا}^{-١} \frac{\sqrt{٣}\,ع}{٢ + ع} \qquad (٨ - ب)$$

ومن معادلة ثبوت حجم المعدن ثم إجراء التكامل بين $ل_{١}$ ، $ل$ نجد أن

$$\text{لو} \frac{ل}{ل_{١}} = \frac{١}{٢} \text{لو} (١ + ع + ع^{٢}) \qquad (٨ - ج)$$

بدراسة الجهود النهائية والإجهادات المماثلة لتخفيض من $نق_{صفر}$ إلى $نق_{١}$ نجد أن السحب يعطى

$$\text{لو} \frac{نق_{صفر}}{نق_{١}} = -\frac{١}{٤} \text{لو} (١ + ع_{صفر} + ع^{٢}_{صفر}) - \frac{\sqrt{٣}}{٢} \text{ طا}^{-١} \frac{\sqrt{٣}\,ع_{صفر}}{٢ + ع_{صفر}}$$

ومن الواضح أن $ع_{صفر} = -س_{١}$ لتخفيض نسبى $\frac{نق_{صفر}}{نق_{صفر}}$

وبناء عليه يمكن القول بأن إجهاد السحب عند نصف قطر $نق_{١}$ يشابه فى قيمته إجهاد الضغط عند نصف قطر $نق_{صفر}$.

وبنفس الطريقة يمكن القول بأن الجهد الطولى فى عمليـــة الضغط يشابه جهد زيادة السمك فى عملية السحب . والعكس صحيح .

فى السحب :

$$\text{لو} \frac{ك_{١}}{ك_{\text{صفر}}} = - \tfrac{١}{٢} \text{لو} \left(١ - س_{١} + س_{١}^{٢} \right)$$

وفى الضغط :

$$\text{لو} \frac{ل_{\text{صفر}}}{ل_{١}} = \tfrac{١}{٢} \text{لو} \left(١ + ع_{\text{صفر}} + ع^{٢}_{\text{صفر}} \right)$$

بتحليل القوى المؤثرة على نصف الحلقة أفقياً يمكن الوصول إلى أن :

$$ض_{ط} \cdot ك = ت_{س} \cdot نق \text{ حتا } \alpha \left(١ - \mu \text{ طا } \alpha \right) + \text{حا } \alpha \frac{ى}{ى نق}$$

$$\left(ض_{س} \, ك \cdot نق \cdot \text{حا } \alpha \right) \text{ ——————— } (٩)$$

وبالتحليل رأسياً للحلقة كلها يمكن الوصول إلى أن :

$$ض_{ق} \cdot نق \left(١ + \mu \text{ قا } \alpha \right) = \frac{ى}{ى نق} \left(ض_{س} \cdot ك \cdot نق \text{ حتا } \alpha \right) \quad (١٠)$$

وإذا كانت زاوية الأسطمبة ثابتة ، بحذف $ض_{ق}$ بين المعادلتين (٩) ، (١٠) يمكن الوصول إلى أن .

$$ض_{ط} \cdot ك \left(١ \, \mu \text{ قا } \alpha \right) = \frac{ى}{ى نق} \left(ض_{س} \cdot ك \cdot نق \right) \quad (١١)$$

وبقاء حجم المعدن ثابتاً يستلزم :

$$\frac{ى نق}{نق} + \frac{ى ل}{ل} + \frac{ى ك}{ك} = \text{صفر}$$

كما أن علاقة الجهد بالإجهاد بالانسياب اللدن لا تتغير بالاحتكاك

للسحب : $ص_{س} - ص_{ط} = ت_{س}$

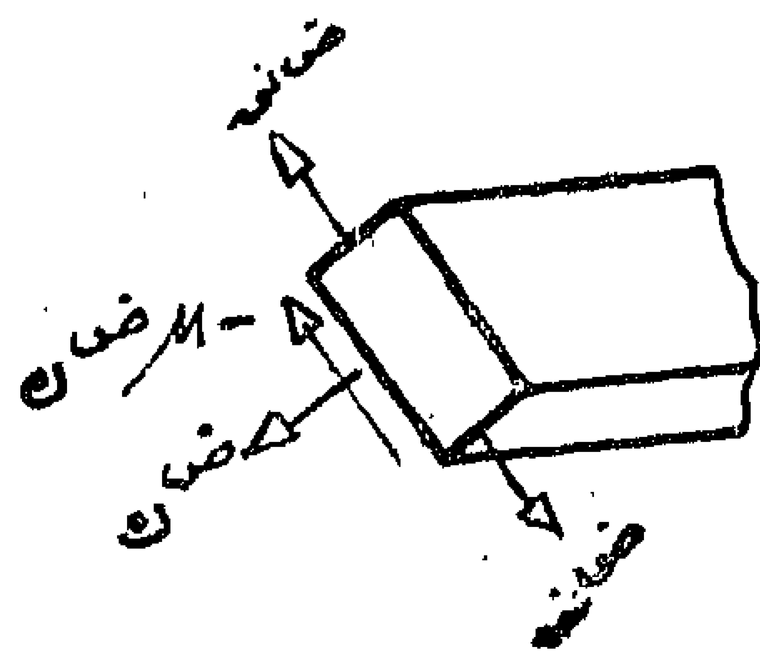
وللضغط : $ص_{ط} = ت_{س}$

حيث $ت_{س}$ هى قيمة إجهاد انسياب المعدن عند أى نصف قطر نق ، والتى تتوقف قيمتها على إجهاد الانسياب الأول $ت_{س}$ صفر ، وعلى مقدار الزيادة فى درجة الصلادة أثناء سحب المعدن من نصف قطر نق صفر . إلى نصف قطر نق

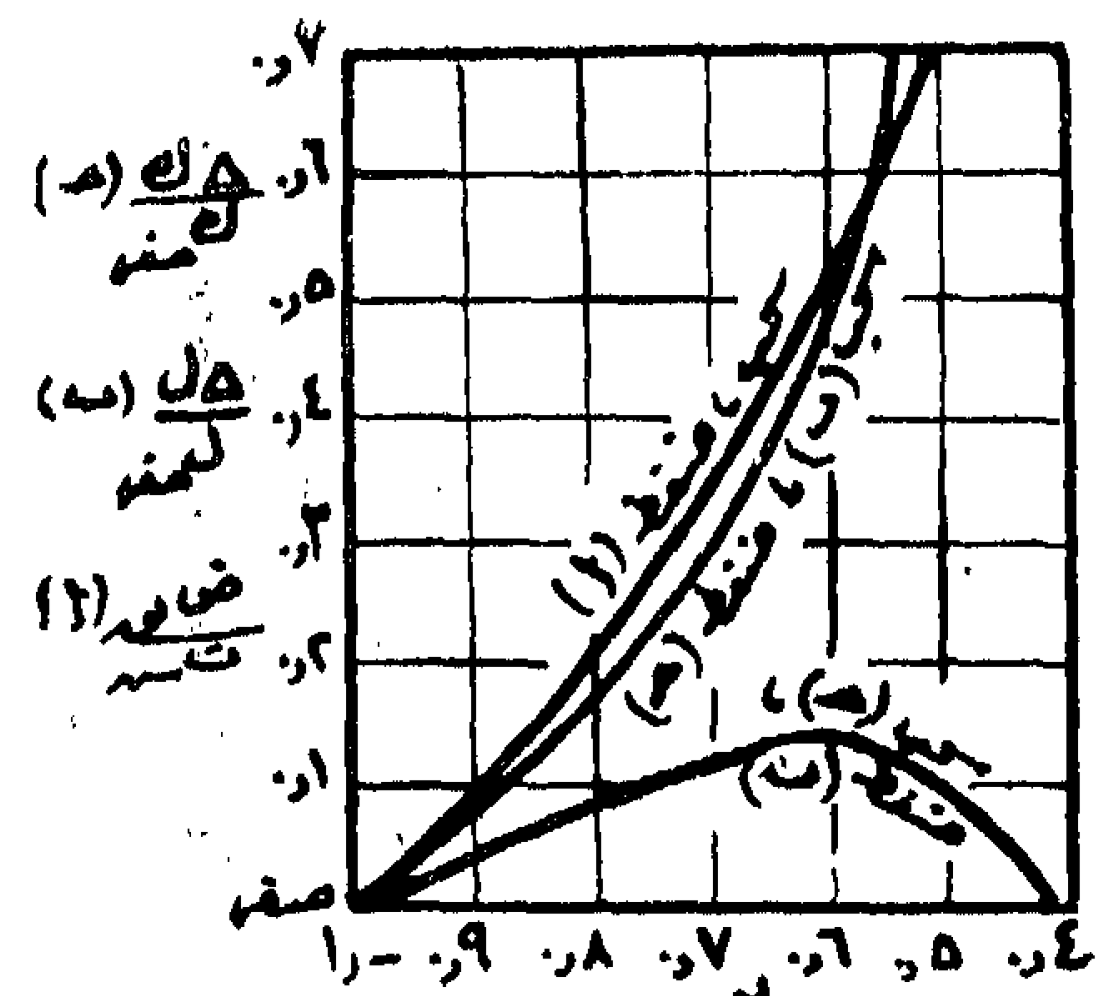
وفى عملية السحب ، يدخل المعدن الاسطمبة بإجهاد انسياب ت‍س صفر ، وإجهـاد نصف قطرى ض‌س = صفر . وفى أثناء السحب تتزايد قيمة ض‌س بصفة مستمرة ، ومع إهمال الزيادة فى الصلادة والاحتكاك نجد أن قيمتهـا تتناسب ولوغاريتم الجهد الرئيسى .

$$\text{أى أن ض‌س} = \text{ت‍س}_{\text{صفر}} \cdot \text{لو} \frac{\text{نق}_{\text{صفر}}}{\text{نق}}$$

وبفرض أن الصلادة تزيد زيادة منتظمة بالنسبة لهذا الجهد فإنه يمكن كتابة المعادلة .



شكل (٥)



شكل (٤)

تماثيل السحب والضغط بفرض عدم حدوث احتكاك أو زيادة صلادة

$$\text{ت‍س} = \text{ت‍س}_{\text{صفر}} + \text{و} \cdot \text{ض‌س}$$

حيث تمثل و معدل جسم الصلادة وبالمثل ، فى حالة ضغط المواسير ، يبدو من المناسب وضع العلاقـــة السابقة على الصورة :

$$\text{ت‍س} = \text{ت‍س}_{\text{صفر}} + \text{و} \left(\text{ض‌س} - \text{ض‌س}_{\text{صفر}} \right)$$

حيث ض‌س هى القيمة عند مدخل الاسطمبة

ملخص الموضوعات
بالقسم الانجليزى

حلقة ديناميكا حرارية مقترحة لاستغلال الحرارة الشمسية

للدكتور المهندس صلاح خشبة

يقترح هذا البحث حلقة ديناميكا حرارية ومحطة القوى اللازمة لها للاستفادة من الطاقة الشمسية فى المناطق الحارة ويستغل درجات الحرارة المنخفض اللازمة للتبريد وتكييف الهـــواء الضروريين فى هذه المناطق لتحسين الكفاءة « النظرية » و « الشمسية » لحلقته الحرارية .

وعلى ذلك فيستنتج البحث القانون العام لكفاءة الحلقة لدرجات الحرارة والضغوط المتغيرة ويناقش كمثال على ذلك حالة تسخين الهواء بواسطة المسخنات الشمسية من ٨٠° مئوية — ١٢٠° مئوية ودرجة تبريد — ٢٥° مئوية .

وإنى بنشر هذا البحث أرجو أن أكون قد وفقت إلى فتح مجال تطبيق جديد يمكن أن يستغله مهندسو القوى فى جمهوريتنا والبلاد العربية الشقيقة التى حباها الله عز وجل بأيام شمسية ساطعة طوال العام تقريباً .

السعة المثلى لمجموعات القنوات التليفونية في نظم الموجة الحاملة

للدكتور المهندس فؤاد سوريال عطية

يجرى تجميع القنوات التليفونية فى نظم الموجة الحاملة فى مراحل متتالية وليس فى مرحلة واحدة :

(١) لإنقاص عدد أنواع الأجهزة ناقلة التردد وجعلها أجهزة عادية مشتركة فى جميع نظم الموجة الحاملة وأيضاً مستوى لإنقاص عدد مولدات الموجة الحاملة .

(٢) لتسهيل الوصل بين أى نظامين للموجة الحاملة ولو اختلفا فى المجموعة الانتهائية . ويكون هذا الوصل على أى من المجموعات الانتقالية .

(٣) لتسهيل مهمة المرشحات الترددية .

ومن مجموعات القنوات مجموعات انتقالية ومجموعات نهائية للتراسل . ويتفق دولياً عن طريق اللجنة الاستشارية الدولية للتليفونات والتلغرافات على تحديد الحزمة الترددية والوضع ومستوى القدرة وغير هذا للمجموعات الانتقالية أما المجموعات النهائية فتتوقف فى حزمتها ومستوى القدرة وغير هذا على وسيلة التراسل وهذه حالياً إما بالخطوط الهوائية أو الكابلات المتماثلة أو الكابلات المحورية أو الوصلات اللاسلكية .

وقد حسب فى هذا البحث مدى توقف عدد أنواع الأجهزة الناقلة للتردد وعدد مولدات الموجة الحاملة وذلك على عدد المجموعات التى تجمع معاً فى مرحلة واحدة ، ووجد أن عدد الأنواع وعدد المولدات يكونان أقل ما يمكن حين تجمع ثلاثة مجموعات معاً فى كل مرحلة وهذا يعنى وفراً كبيراً ، ووجد أنه كلما ابتعد عدد المجموعات المجمعة فى مرحلة واحدة عن ثلاث كلمات زاد عدد الأنواع وعدد المولدات .

وبمقارنة بعض التجميعات المستعملة حالياً وجد أن فى بعضها إسراف ليس له مبرر كاف .

أما عن عدد الأجهزة ناقلة التردد نفسها فقد وجد أنه يقل تدريجياً كلما زاد عدد المجموعات التى تجمع معاً فى مرحلة واحدة ، كما أنه يتوقف على ترتيب المراحل .

ويرى المؤلف بعد استعراض العوامل المختلفة أن التجميع الأمثل هو لثلاثة أو أربعة مجموعات فى كل مرحلة . والواقع الآن هو أن التجميع فى أغلبية المراحل هو لثلاثة أو أربعة أو خمسة مجموعات . ويرى المؤلف أن التجميعات التى تختلف كثيراً عن هذا لا بد ستزول تدريجياً كما أنه يعتقد أنه بعد بضعة أعوام ستوجد مجموعة بها ٨١٠٠ قناة بحزمة ترددية عرضها أقل من ٤٠ ميجاسيكل فى الثانية ولكنه لا يعتقد أنه ستوجد مستقبلا مجموعات أكبر من هذا وذلك لأى نوع من نظم التراسل سواء على الخطوط المحورية أو الوصلات اللاسلكية أو دليل الموجات . ويعتقد أنه لإرسال عدد أكبر من القنوات التليفونية ستستعمل قنوات تردد عال متعددة كل منها محمل بما لا يزيد عن ٨١٠٠ قناة تليفونية .

التصميمات المرادفة لبعض الكبارى البسيطة للطرق من الخرسانة المسلحة والسابقة الإجهاد

للدكتور المهندس أمير أسعد رزق

فى المعتاد يختار المهندس المصمم للكبارى وخصوصاً المتصلة بمشروعات الرى نظم وطرز الكبارى من الأنواع والطرز التقليدية التى اعتاد عليها والغرض من بحثنا هذا هو توسيع مجال اختيار أمام المهندس المصمم وذلك بتقديم مجموعة منوعة من النظم والطرز للكبارى البسية مع بيان المدى الاقتصادى لاستعمال كل نوع منها .

وأننا مع القفزات الواسعة فى استعمال الخرسانة المسلحة وبعد التطورات الحديثة فى استعمال الخرسانة سابقة الإجهاد تد قصرنا البحث على الكبارى من الخرسانة المسلحة والسابقة الإجهاد وخصوصاً بعد صدور مشاريع المواصفات والقواعد التطبيقية الخاصة بالأحمال على المنشآت أو باستعمال الخرسانة المسلحة فى المبانى وباستعمال الخرسانة سابقة الإجهاد والمنشورة فى التقرير السنوى لسنة ١٩٦٠ لمعهد أبحاث البناء .

ويحتوى البحث على استعراض لبعض طرز وأنواع الكبارى البسيطة متدرجاً من الكبارى ذات الكمرات البسيطة إلى الكبارى ذات الكمرات الكابولية المفصلية أو الكمرات المستمرة ثم إلى الكبارى التى على شكل كمرة ذات كابولين والتى تعتمد فى ثباتها وإتزانها على وجود ثقل توازن أو شداد توازن متصل بالكتف سواء أكان الشداد من الخرسانة المسلحة أو من الخرسانة سابقة الإجهاد . ثم يستطرد العرض إلى الكبارى من الخرسانة سابقة الإجهاد سواء أكانت سابقة الشد أو لاحقته وسواء أكانت سابقة الصب أم لاحقته .

وقد قدم البحث كذلك بعض النماذج المحلولة وقد روعى فى حلها اتباع مشاريع المواصفات الأخيرة المذكورة سابقا وكذلك روعى فى حل كل نموذج منها أن يتوسع فى شرح جزء من الحساب الاستاتيكى أو جزء من التصميم يختلف عن النموذج الآخر ومن المفروض أن يكون المهندس المصمم ملما بطبيعة الحال بأصول الحساب الاستاتيكى وكذلك أصول ونظريات التصميم لكل الخرسانة المسلحة والسابقة الإجهاد . إذ أن الأمثلة المحلولة لم تتعرض للنظريات نفسها ولكن تعرضت لتطبيقها . ويمكن للمهندس الرجوع إلى أى من الكتب العديدة لاستيعاب الأجزاء النظرية .

فالنموذج الأول :

لكوبرى ذو كمرات بسيطة من الخرسانة المسلحة بحره الفعال ٧٫٠٠ متر وفيه تصميم للقطاع العرضى والكمرات .

والنموذج الثانى

لكوبرى من الخرسانة المسلحة أيضاً كمراته ذات كابولين وثقل توازن وله نفس القطاع العرضى للنموذج السابق وفيه تصميم الكمرات .

والنموذج الثالث :

لكوبرى من الخرسانة سابقة الإجهاد واللاحقة الشد وله نفس القطاع العرضى السابق وفيه تصميم الكمرات . ويمكن اعتبار هذه الأمثلة المحلولة كمرشد ومرجع للمهندس المصمم .

تقدير صفات السحب العميق للشرائح المعدنية

للدكتور المهندس جلال شوقى

يتناول هذا البحث بالدراسة والفحص والتحليل طرق تقدير صفات السحب العميق للشرائح المعدنية ، تلك الطرق التى ظهرت وطورت خلال الخمسين عاماً الماضية ، وإنه نظراً لتعدد هذه الطرق وتنوعها فقد قسمت فى هذا البحث — تبعاً لطبيعتها — إلى خمس مجموعات هى :

١ — اختبارات التشكيل بالبسط .

٢ — اختبارات سحب السفين .

٣ — اختبارات السحب العميق .

٤ — الاختبارات المركبة .

٥ — تقدير صفات السحب العميق عن طريق الخواص الميكانيكية للمعدن .

ويتضمن البحث بيان طبيعة هذه الاختبارات وسماتها الأساسية والجهود والانفعالات الناشئة عنها ، وتحديد العوامل المختلفة التى تؤثر على نتائج الاختبارات ، كما يتعرض لمدلول كل اختبار وإمكانياته وحدوده ومجال تطبيقه ، كذا للعلاقات المتبادلة بين الاختبارات حيثما توجد .

ويخلص البحث إلى أنه بالنسبة للطرق التى يتعرض لها بالدراسة ، لا يوجد حتى الآن اختبار واحد يمكن اعتباره كافياً ومرضياً من كل وجه كوسيلة يعتمد عليها فى معرفة ما سيكون عليه أداء الشريحة المعدنية عند تشكيلها فى المكبس .

ونقدم فى هذا العدد الجزء الأول من هذا البحث ، ويختص بمجموعتى اختبارات التشكيل بالبسط واختبارات سحب السفين .

مشتقات عضوية للسيليكون لكلوريد البنزيل

للدكتور المهندس حسين شريف شرف

١ — تفاعل بارا — كلورو بنزيل الكلوريد مع ثلاثى ميثيل كلوروسيلان :

عومل ثلاثى ميثيل كلوروسيلان بمحلول جرينارد الناتج من تفاعل بارا — كلورو بنزيل الكلوريد مع المغنسيوم . وقد تبين أنه باستعمال ثنائى إيثيل الأيثر كمذيب أن ذرة الكلور الموجودة فى الحلقة الجانبية تفاعلت مع المغنسيوم بينما لم تتفاعل ذرة الكلور الموجودة فى الوضع البارا .

وقد نتج عن تقطير نواتج التفاعل سائل ومادة صلبة غير متبلرة أمكن التعرف عليهما بالمادتين الآتيتين :

بارا — كلورو ثنائى البنزيل وثلاثى ميثيل — بارا — كلورو بنزيل سيلان .

٢ — تفاعل بارا — كلورو بنزيل الكلوريد مع ثنائى ميثيل ثنائى كلورو سيلان :

أجريت نفس المحاولة السابقة باستعمال ثنائى ميثيل ثنائى كلورو سيلان بدلا من ثلاثى ميثيل كلورو سيلان وقد تبين فى هذه الحالة أيضاً أن ذرة الكلور فى الحلقة الجانبية هى التى تفاعلت فقط مع المغنسيوم ونتج عن ذلك التفاعل :

ثنائى ميثيل — بارا — كلورو بنزيل كلورو سيلان ومثنى — بارا — كلورو بنزيل ثنائى ميثيل سيلان .

جولة دراسية على الحديد والصلب
فى بعض الدول الأوربية

للدكتور المهندس مصلح بيومى

قامت الأمم المتحدة فى صيف عام ١٩٦٢ بتنظيم رحلة دراسية لمجموعة من المشتغلين بصناعة الحديد والصلب فى الدول الأسيوية والإفريقية وأمريكا اللاتينية لزيارة ستة دول أوروبية وهى رومانيا وبلغاريا وتشيكوسلوفاكيا وبولندا والسويد والاتحاد السوفييتى بغرض عمل دراسات لطرق الإنتاج والتطورات فى صناعة الحديد والصلب وتطبيق نتائج هذه الدراسات فى حل المشاكل المحلية لهذه الصناعة . وقد تضمن برنامج هذه الرحلة دراسة الخطوات الأساسية فى إنتاج الصلب وهى تحضير وتجهيز خام الحديد وطرق استخلاص الكوك من الفحومات الضعيفة وطرق إنتاج الحديدوالصلب .

وقد قامت المجموعة فى أثناء هذه الرحلة بزيارة أربع مناجم لخام الحديد واثنى عشر وحدة لتحضير وتجهيز الخام وثمان عشرة وحدة لإنتاج الحديد والصلب وسبعة مراكز للبحوث الخاصة بهذه الصناعة .

ويتضمن التقرير بيانات عن صناعة الحديد والصلب فى الدول التى زارتها المجموعة وملاحظات عن الطرق المتبعة فى الإنتاج . ومن أهم نتائج هذه الدراسة ما يلى :

أولا : هناك عناية فائقة لتجهيز وتلبيد الخام قبل استخدامه لإنتاج الحديد تمثل العامل الأساسى لتحسين اقتصاديات إنتاج الحديد .

ثانياً : كان للتطورات الحديثة فى تشغيل الأفران العالية ، من زيادة ضغط القمة واستعمال درجات حرارة عالية لهواء اللفح والحقن بالأكسجين والمواد البترولية أثر كبير فى زيادة كفاءة الفرن الإنتاجية مما يجعل الفرن العالى بدون استثناء الوحدة الأساسية لإنتاج الحديد .

ثالثاً : هناك زيادة فى استعمال الأكسجين لإنتاج الصلب كان له أكبر الأثر فى زيادة الإنتاج وخفض التكاليف وخاصة بالنسبة لأفران سيمنزمارتن .

رابعاً . تقوم مراكز البحوث بدوراً أساسياً لتطوير صناعة الحديد والصلب .

إستعمال برابخ المواسير فى التوزيع النسبى لمياه الرى

للدكتور المهندس سعد زغلول حماد

يهتم هذا البحث بمعايرة برابخ المواسير وذلك عن طريق فتحها جزئياً بواسطة بوابة فى أمامها . وذلك لما لمثل هـذا النوع من البرابخ أهمية خاصة فى الجمهورية العربية المتحدة إذ أنه من المألوف فى مناطق الاستصلاح أن تقسم الأرض إلى قطع صغيرة (أذرع) تختلف فى مساحتها من ٥ إلى ١٠ أفدنة ، وكل مجموعـة من الأذرع لا تزيد فى مساحتها عن ١٠٠ فدان تقوم على خدمتها مسقى حوشة . ويعطى كل ذراع فتحة رى عبارة عن بربخ ماسورة تحت جسر المسقى . وقد يزود هذا البربخ ببوابه أو يترك دونها ويقوم المزارع بفتح بربخ التغذية أثناء دور العمالة ليأخذ من مياه الرى ما يشاء . وفى هذا غبن فى التوزيع إذ أن الأذرع المنخفضة قد تنـال أكثر من حصتها وهذا على حساب القطع المرتفعة .

ولذلك فإن التجارب قد أجريت على ماسورة من الحديد بطول ٥٫٥٠ متراً وبقطر حوالى ٠٫٢٠ متراً مزودة ببوابة فى أمامها وأطلقت تصرفات مختلفة تحت فتح جزئى مختلف وتمت الحسابات الخاصة بالتصرف داخل المواسير لإيجاد فاقد الاحتكاك ويمكن حسابه لأى نوع من المواسير من المعادلات المعروفة ، وكذا فاقد خروج المياه وهذا يتوقف على إتساع قناة استقبال الميـاه وفاقد دخول المياه وهو معروف فى حالة الفتح الـكامل أما فى حالة الفتح الجزئى فقد اهتم به هذا البحث وأوجدت قيمة بالنسبـة لقطر البربخ الداخلى وقد بينت طريقة الحساب لتحديد فتحة البربخ لتصريف كمية من المياه تحت ضاغط معين . هذا ، وقد زودت ماسورة التجربة فى أسفلها بمجموعة من البيزومترات لدراسة صفة توزيع ضغوط المياه بها وأثر الفتح الجزئى عليها .

SYNOPSIS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THE ARABIC SECTION

EXPERIMENTAL STUDIES ACHIEVED TO DETERMINE THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF ROTARY SPRINKLERS USED FOR IRRIGATION

by

ALY BALIGH, Ph.D.

Part I.

The non-uniformity of the depth of water applied on the land by "Sprinkler Irrigation Systems" affects water economy and field production. The excessive impulse force of the large size droplets may injure the flowers of orchard trees and othr plants ; this result may be due to the unsuitability of the operating pressure and nozzle size.

The non-uniformity of the water depth applied may be due to either one or more of the following items.

1. The increase of the speed of rotation of the sprinkler causing the decrease of the area covered and thus, a high rate of application and non-uniformity of the total water depth applied as the circles of coverage interfere.

2. The non-uniform speed of rotation of the sprinkler during one complete revolution. This may occur when the sprinkler is inclined to the vertical ; sectorial distribution may be produced.

3. The non-uniform gradual decrease of depth of water applied by one sprinkler, in the radial direction.

4. The excessive deviation of the performance of the sprinkler due to operating pressure fluctuations at the nozzle.

5. Spacing the sprinklers at distances which do not suit the diameter of coverage.

6. The disturbance and deviation of the water jet projectile as subjected to the prevailing wind. The higher the water jet projectile, the greater the degree of disturbance and deviation, causing the non-uniformity of application.

The factors affecting the speed of rotation was considered in three groups of experiments, for which the Egyptian sprinkler No. 23 was used. The experimental work was directed toward the following items.

1. The effect of varying the nozzle size on the speed of rotation.

The relationship between th increase of the speed of rotation due to increasing the nozzle diameter, for three different pressures, was graphically represented.

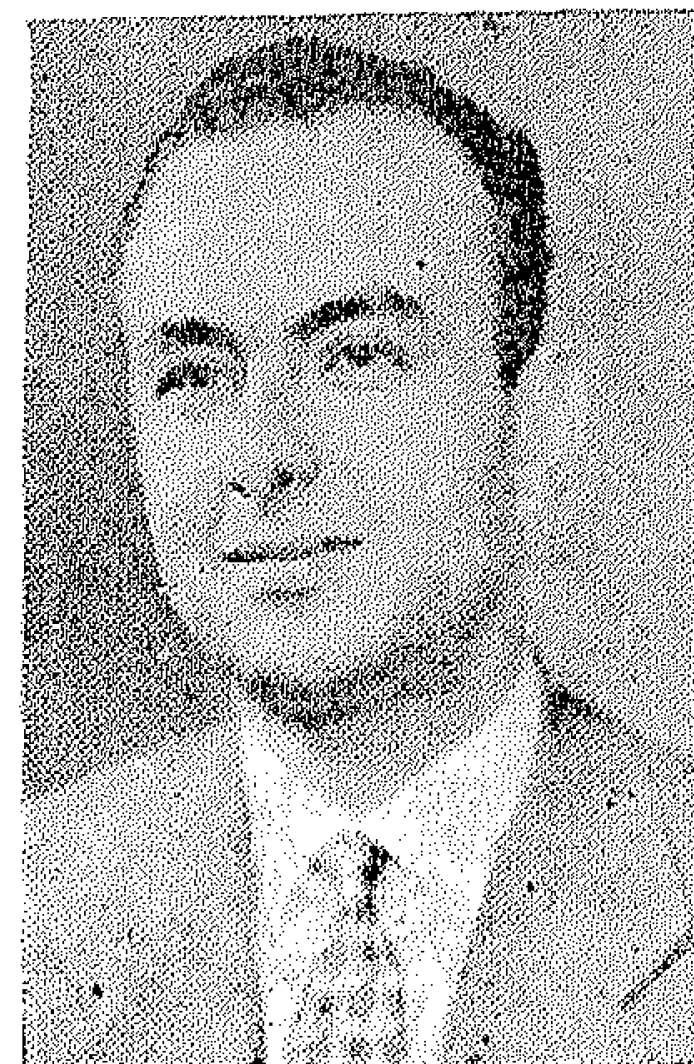
2. The effect of varying the operating pressure on the speed of rotation.

A graph representing that relationship was plotted ; the higher the pressure, the speed of rotation.

3. The effect of varying the angle of inclination of the riser pipe to the vertical position on the speed of rotation.

The graphical representation of the results shows that the speed decreases as the angle of inclination increases. The decrease of the speed of rotation was rathr appreciable as the angle of inclination increased beyond 20 degrees.

Dr. GALAL SHAWKI



— B. Eng. (Hons.), Cairo University, 1948.

— Ph.D. degree, The University of Sheffield, 1952.

— Associate Member of the Institution of Mechanical Engineers, London, 1958.

— Author of several papers and reference books in Machine Design, Applied Plasticity and History of Science.

— Assistant Professor, Production Engineering Department, Cairo University.



Dr. ALY MOHAMMED BALIGH

— B.Sc. Civil Engineering, June 1937, Cairo University.

— M.Sc. Hydraulics, September 1951, State University of Iowa.

— Ph.D. Civil Engineering, June 1953, Cornell University.

Dr. AMIR ASSAD RIZK.



— B.Sc. "Civil Engineering", Cairo University, 1950.

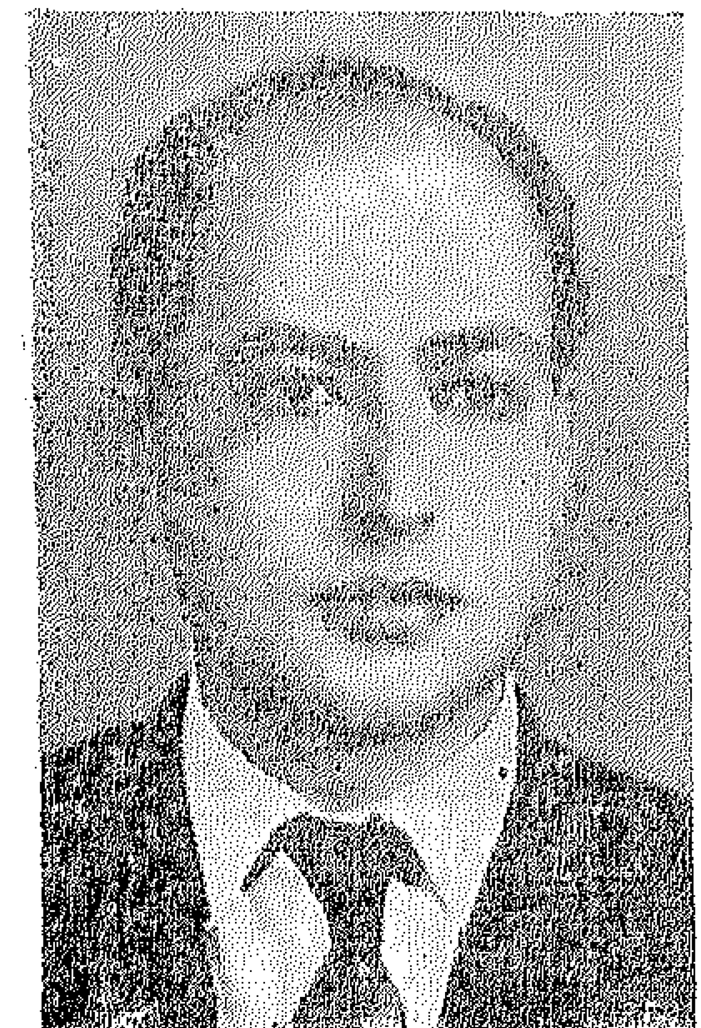
— M.Sc. "Reinforced Concrete", Cairo University, 1954.

— Diploma of Higher Studies in "Soil Mechanics and Foundation Engineering", Cairo University, 1954.

— Ph.D. "Reinforced Concrete"—Leeds University, England, 1957.

— Member of several International Eng. Societies and Conferences.

Dr. SALAH ELDEEN BAYOUMY

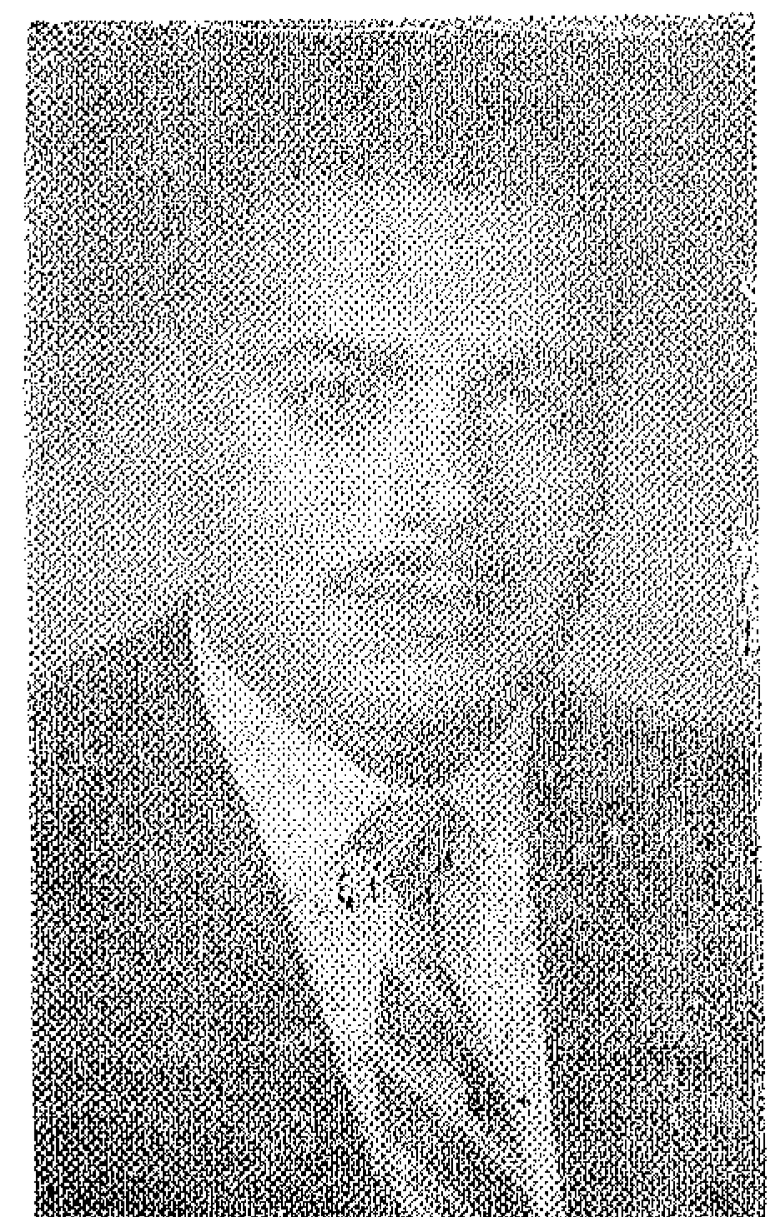


— B.Sc., Mechanical Engineering, Cairo University, 1947.

— Ph.D., College of Technology, Manchester Usiversity, 1951.

— Ass. Prof., Production Engineering Dept., Faculty of Engineering, Cairo University.

Dr. SAAD ZAGHLOUL ABO-HAMMAD



— Lecturer in Irrigation at the Irrigation and Hydraulic Department, Faculty of Engineering, Cairo University.

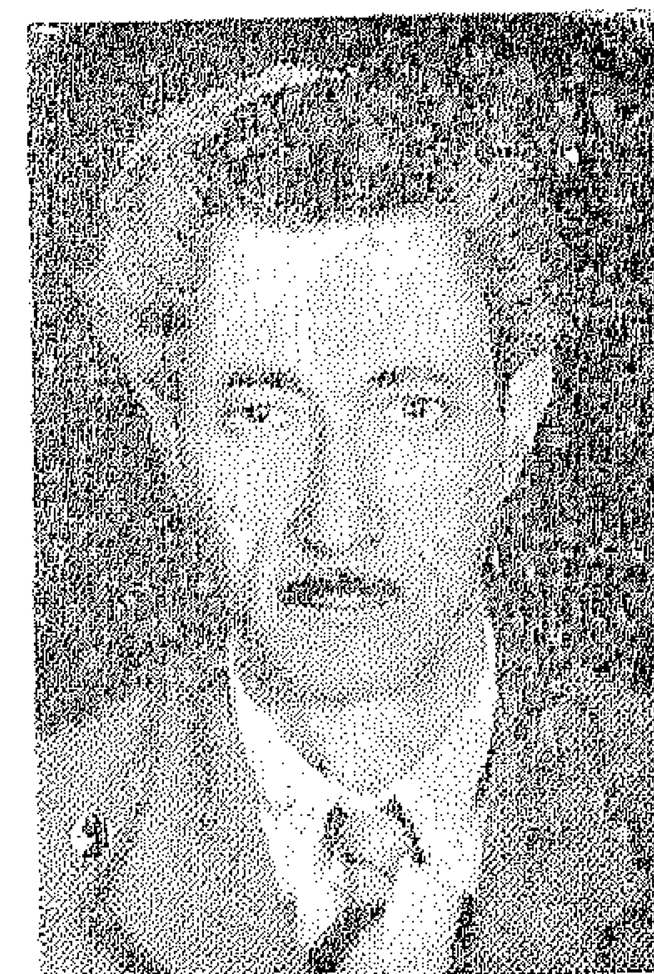
— B.Sc. Civil Engineering, Cairo University, 1947.

— M.Sc. Civil Engineering (Irrigation and Hydraulics); Cairo University, 1953.

— Ph.D., Civil Engineering (Irrigation and Hydraulics), Cairo University, 1956.

ABOUT THE AUTHORS

Prof. Dr. SALAH KHASHABA



— Prof. Khashaba received his B. Eng. (Electrical) Cairo 1934, M.A. (Math.) Cambridge 1943, Ph.D (Quantum Mech.) London 1956.

— He is the author and co-author of several books on pure and applied mathematics.

— His paper with prof. H. S. W. Massey (1958), on the excitation of atomic Hydrogen was included in a volume of selected papers published by the Physical Society of Japan in April 1963.

Dr. FUAD SURIAL ATIYA



— B.Sc. (Elect. Eng.), Cairo University, 1945.

— D.Sc. Techn., Swiss Federal Institute of Technology (Institute of High Frequency Techniques), Feb. 1951.

— Assistant Professor of Telecommunications, Faculty of Engineering, Cairo University.

Dr. HUSSEIN S. SHARAF



- Diploma of Chemical Engineering, July 1951 from : Federal School of Technology (ETH), Zurich, Switzerland.

  Doctorate in Technical Science in Chemistry, April 1954, Federal School of Technology (ETH), Zurich, Switzerland.

— Lecturer for Chemistry, May 1954, Faculty of Engineering Ein-Shams University.

(25) Mellor, P. B. & Loxley, E. M.: "The Hydrostatic Bulging of Circular Metal Diaphragms", B.I.S.R.A. Research Report No. MW/E/36/52, 1952.

(26) Panknin, W.: "Der hydraulische Tiefungsversuch und die Ermittlung von Fliesskurven", Dr.-Ing. Dissertation, Technische Hochschule Stuttgart, 1959.

(27) "Ein neues Prüfverfahren für Feinblech", Mitt. K. W. Inst. für Eisenforschung, 11 (1929), 136, pp. 287-291.

(28) Siebel, E. & Pomp, A.: "Die Prüfung von Feinblechen durch den Tiefzieh-Weitungsversuch", Mitt. K. W. Inst. für Eisenforschung, 12 (1930), 151, pp. 115-125.

(29) Güth, H.: "Ein neues Streckziehverfahren", Metallwirtschaft, 20 (1941), 3, pp. 55-58.

(30) Patterson, W.: "Streckziehfähigkeit der Al-Mg-Legierungen", Metallwirtschaft, 21 (1942), 29/30, pp. 429-431.

(31) Sachs, G.: "Ein neues Prüfgerat für Tiefziehbleche", Metallwirtscyaft, 9 (1930), pp. 213-218.

(32) Sachs, G. & Riem, W.: Mitt. Material., Sonderheft, 16 (1931), 11.

(33) Eksergian, G. L.: "The Plastic Behaviour of Metals in Drawing", Trans. A.S.M.E., 48 (1926), pp. 609-645.

(34) Eksergian, G. L.: Metal Ind., 30 (1927), pp. 405-408, 433-436, 459-462 & 483-484.

(35) Eksergian, G. L.: Metal and Alloys, 2 (1931), p. 222.

(36) Eisenkolb, F.: "Untersuchung über die Prüfung der Tiefziehfähigheit von Feinblechen", Stahl und Eisen, 52 (1932), 15, pp. 357-364.

(37) Kayseler, H.: "Ueber die Eigenschaften von verschieden behandelten Bandstahl mit besonderer Berücksichtigung der Tiefzieheignung und deren Prüfung", Mitt. Forsch. Inst. Ver. Stahlwerke, 4 (1934), pp. 39-42.

(38) Kayseler, H., Lassek, H., Püngel, W. & Schulz, E. H.: Stahl und Eisen, 54 (1934), 39, pp. 993-998.

(39) Siebel, E.: "Die Formgebung im bildsamen Zustande", Verlag Stahleisen, Düsseldorf (1932), pp. 61-62.

(40) Swift, H. W.: "Plastic Bending under Tension", Engineering, 166 (1948), p. 357.

REFERENCES

(1) Swift, H. W.: "Drawing Tests for Sheet Metal", Proc. Inst. Automobile Eng., 34 (1939-40), p. 361.

(2) Swift, H. W.: "Two-Stage Drawing of Cylindrical Cups", Trans. Inst. Eng. and Shipbuilders in Scotland, 86 (1942-43), p. 195.

(3) Chung, S. Y. & Swift, H. W.: "Cup-Drawing from a Flat Blank", Proc. Inst. Mech. Engrs., 165 (1951), pp. 199-223.

(4) Chung, S. Y. & Swift, H. W.: "An Experimental Investigation into the Redrawing of Cylindrical Shells", Proc. Inst. Mech. Engrs., 166 (1952), pp. 437-447.

(5) Swift, H. W.: "The Mechanism of a simple Drawing Operation", Engineering, 178 (1954), pp. 431-435.

(6) Loxley, E. M. & Swift, H. W.: "The Wedge-Drawing Test", Engineering, 159 (1945) pp. 38-40, pp. 77-80 and pp. 136-138.

(7) Swift, H. W.: "Sheet Metal Industries", 31 (1954), 330, pp. 817-828.

(8) Willis, J.: "Deep Drawing: A Review of the Practical Aspects of Professor H. W. Swift's Researches", Butterworths Scientific Publications, London, 1954.

(9) JEVONS, J. D.: "The Deep Drawing and Pressing of Non-Ferrous Metals and Alloys", Journal Inst. Metals, 78 (1950-51), pp. 591-601.

(10) Sachs, G.: "Principles and Methods of Sheet-Metal Fabricating", Reinhold Publishing Corporation (1951), pp. 26-39.

(11) Oehler, G.: "Prüfung der Tiefziehfähigkeit von Blechen", V D I — Zeitschrift (1950), pp. 371-374.

(12) Oehler, G.: "Das Blech und seine Prüfung", Springer Verlag, Berlin, 1953.

(13) de Witte, G.: "The Need for Specific Metal Testing Methods for Deep Drawing and Forming", Sheet Metal Industries, vol. 35 (1958), pp. 19-20.

(14) Yoshida, K.: "Classification and Systematization of Sheet Metal Press—Forming Process", Sci. Pap. I.P.C.R., Tokyo, 53 (1959), 1514, pp. 126-187.

(15) de Witte, G.: "Some Aspects of the Development of Testing Methods for the Formability of Sheet", Sheet Metal Industries, 37 (1960), 400, pp. 565-571.

(16) Panknin, W.: "Die Grundlagen des Tiefziechens im Anschlag unter besonderer Berücksichtigung der Tiefziehprüfung", Bänder Bleche Rohre, Düsseldorf (1961), pp. 133-143, 201-211.

(17) Oehler, G.: "Sshnitt—, Stanz— und Ziehwerkzeuge", Springer Verlag, Berlin (1962), pp. 394-398.

(18) Erichsen, A. M.: "Ein neues Prüfverfahren für Feinblech", Stahl und Eisen, 34 (1914), pp. 879-882.

(19) Kummer, H.: "Untersuchung am Blechprüfapparat von Erichsen", Maschinenbau und Betrieb, 5 (1926), pp. 657-661.

(20) Yoshizaqa, T.: Trans. Jap. Soc. Mech. Eng., 23 (1957), p. 225.

(21) Kokkonen, V. & Nygren, G.: "Investigations into the Accuracy of the Erichsen Cupping Test", Sheet Metal Industries, 36 (1959), 383, pp. 167-178.

(22) D I N 50 101: "Tiefungsversuch an Blechen und Bändern (nach Erichsen)", 1947.

(23) D I N 1623: "Stahlblech unter 3 mm (Feinblech): Technische Lieferbedingungen", 1932.

(24) Siebel, E. & Pomp, A.: "Ueber den Kraftverlauf beim Tiefziehen und bei der Tiefungsprüfung", Mitt. K. W. Inst. für Eisenforschung, 11 (1929), 126, pp. 139-153.

tallow as lubricant was about 1.8 against a value of 2.3 as obtained in cup drawing experiments.

It should be pointed out that the drawing ratio attained in the wedge test would have been expected to be higher than that reached in the cupping test owing to the absence, in the former test, of the bending action and friction at the die profile.

Test results show, however, an inverse situation, the discrepancy being largely attributed to frictional influence inherent in the wedge drawing test in which edge friction between the wedge and die plates gives rise to an additional drawing load which does not exist in actual deep drawing work.

Fig. (8) shows load-displacement curves obtained at a drawing ratio R_0/R_1 of 1.66

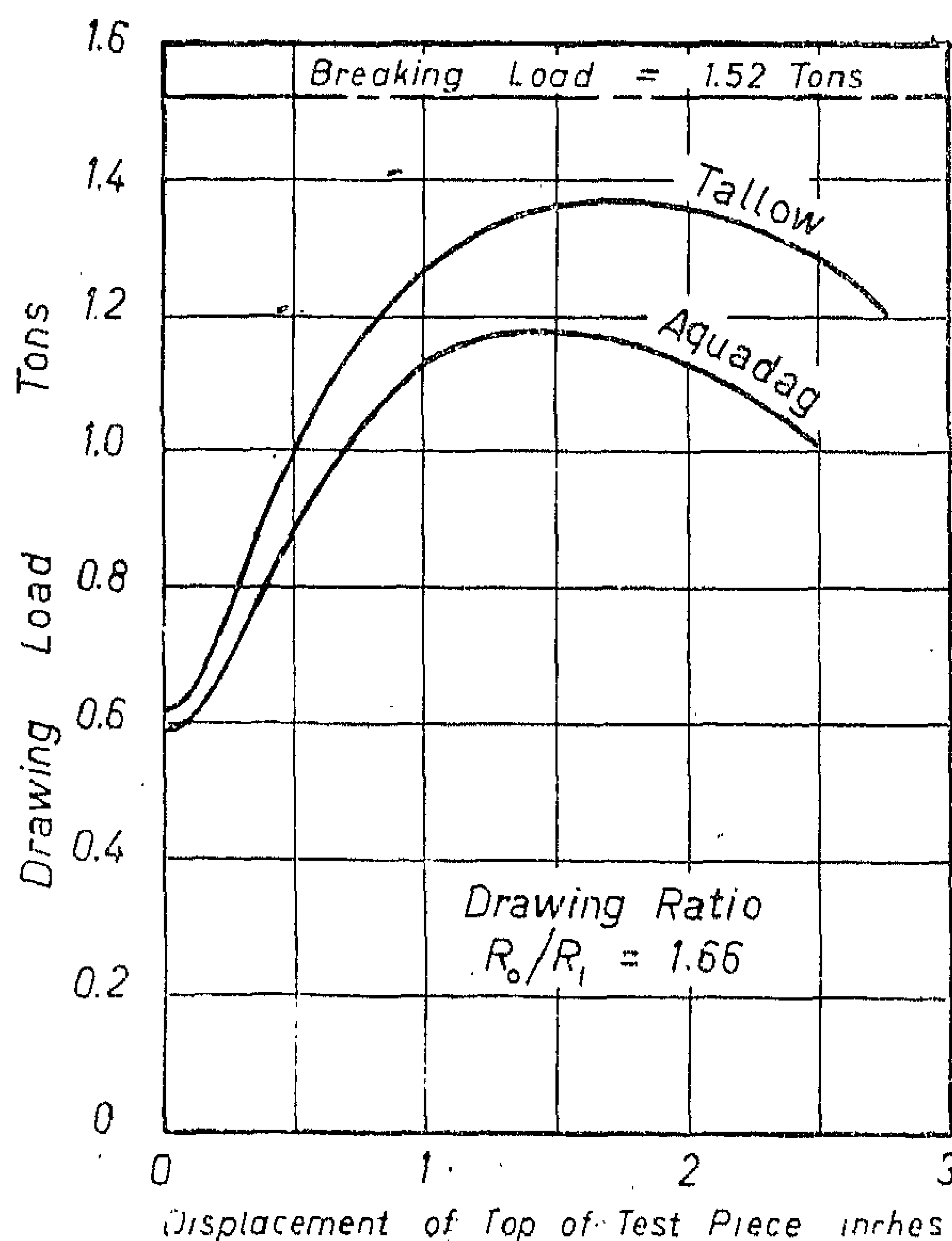


FIG. (8). *Typical load-displacement curves in Swift's wedge drawing tests.*

Measurements concerning the development of radial strains and of hardness have shown that "radial strain develops more rapidly near the edges of the wedge than along its centre line (Fig. 9), particularly during the final stages of the draw" on account of frictional effects.

using tallow and "Aquadag" as lubricants. It is evident that the maximum load and consequently the limiting drawing ratio in the wedge test are greatly influenced by conditions of lubrication.

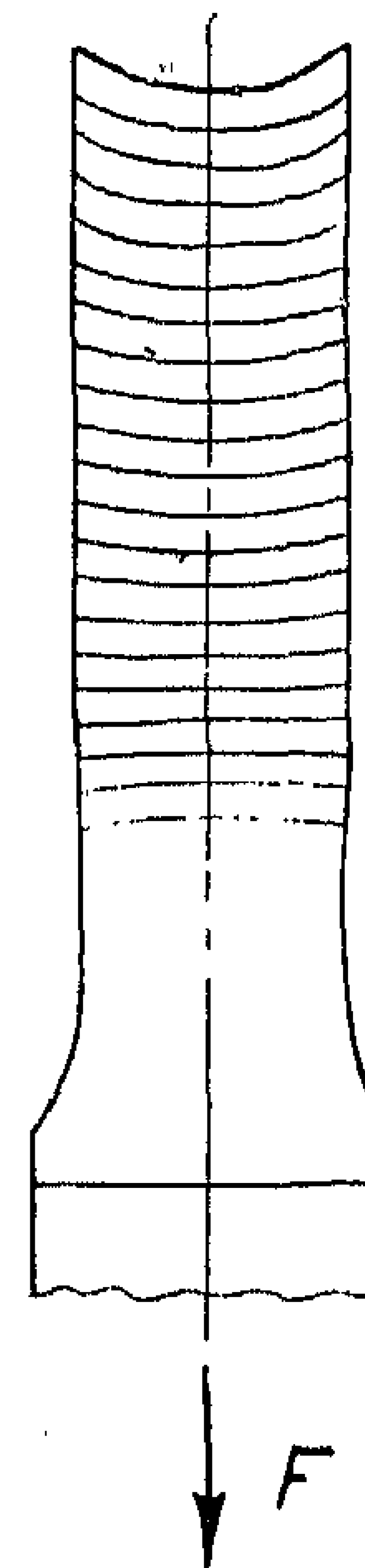


FIG. (9). *Strain pattern in a wedge-drawn specimen lubricated with tallow.*

It may be concluded that the wedge drawing test, while simulating the stress state in the flange of a partly drawn cup, is largely handicaped by frictional difficulties mainly at the edges of the die. Moreover, this test does not entail any effect equivalent to the bending and unbending operations encountered by the material while passing over the die profile in deep drawing work, which effect is known to play a significant role in the drawing operation [40]. Furthermore, for anisotropic materials, a number of test pieces have to be cut from the sheet in various orientations should a complete picture of the material's behaviour, on account of its directional properties, be sought.

[33-35] who dropped it on account of its inherent frictional effects.

The problem of the inequality of deformation at the edge and centre of test piece was put forward by Eisenkolb [36] and investigated by Kayseler and his colleagues [37, 38]. Kayseler found out [37], through a grid marked on the specimen, that the deformation at the edge was greater than that at the centre, the difference being less than 5 %. By modifying the specimen's dimensions he succeeded in obtaining a test piece which deformed uniformly over a wide range in the test.

Kayseler [37] has investigated, further, the stresses induced at the transition from the wedge to the paralled portion of the test piece following Siebel's analysis for the radial drawing of the cup flange [39]. He arrived at the following equations :

Radial stress σ_r =

$$k_{fm} \cdot \ln \left(\frac{B}{b}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (2)$$

Ideal drawing force =

$$b\ t \cdot k_{fm} \cdot \ln \left(\frac{B}{b}\right) \quad \ldots (3)$$

and Actual drawing force =

$$\left(b\ t \cdot k_{fm} \cdot \ln \left(\frac{B}{b}\right)\right) / \eta_F \quad (4)$$

in which k_{fm} represents the mean value of the resistance to deformation (flow stress), t the sheet thickness, and η_F the efficiency of forming (taken equal to 65 % in Kayseler's analysis).

(7) *Swift's Investigations :*

The wedge drawing test received considerable attention from Prof. H. W. Swift, who carried out extensive investigations into the conditions, significance and applicability of such test [6].

Swift used tools with exceptionally fine finish, and standardized the shape of test pieces to that shown in Fig. (6), his test piece having a width amounting to approximately five times that of Sachs test piece. Swift performed his tests under conditions of no lubrication, also with the application of tallow and of "Aquadag" which he found essential for obtaining consistent results.

Swift established a generally linear relationship between the maximum drawing load and the drawing ratio R_0/R_1 (Fig. 7), the scatter of test results being partly due to surface condition of tested material.

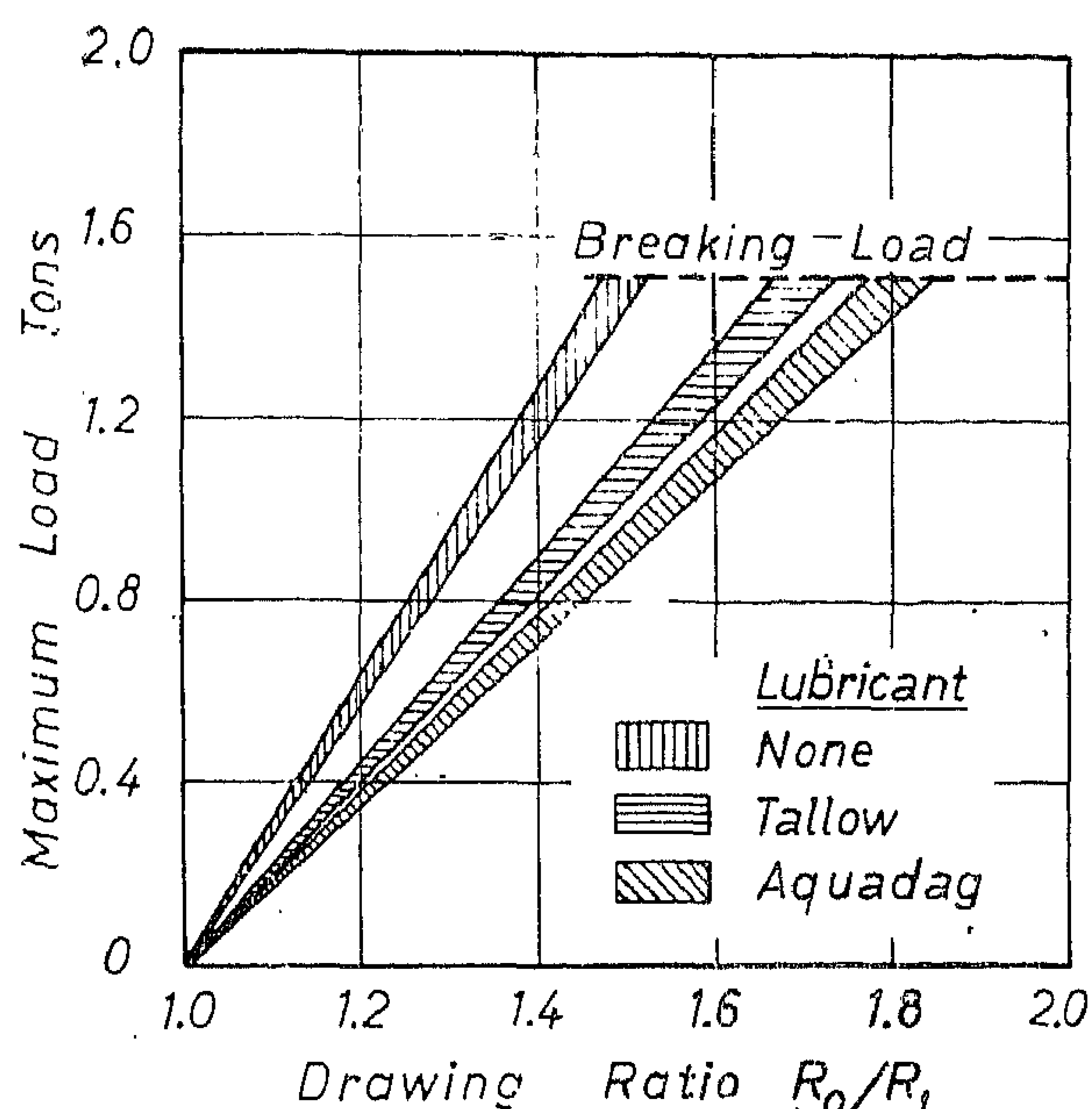


FIG. (7). *Swift's wedge drawing test results for deep drawing steel. (Speed of drawing = 1.34 inch/min.)*

Maximum values of the limiting drawing ratio obtained in these investigations (corresponding to the mean lines in Fig. 7) were 1.50 with no lubrication, 1.70 with tallow and 1.81 with "Aquadag" for deep-drawing steel (0.07 % C, 0.37 % Mn, 0.025 % S, 0.012 % P & Si as trace). The values of the drawing ratio are evidently lower than those obtained in deep drawing tests, namely 2.08, 2.15 and 2.18 respectively. For aluminium bronze (94.8 % Cu, 4.75 % Al) the maximum value attained in the wedge drawing test with

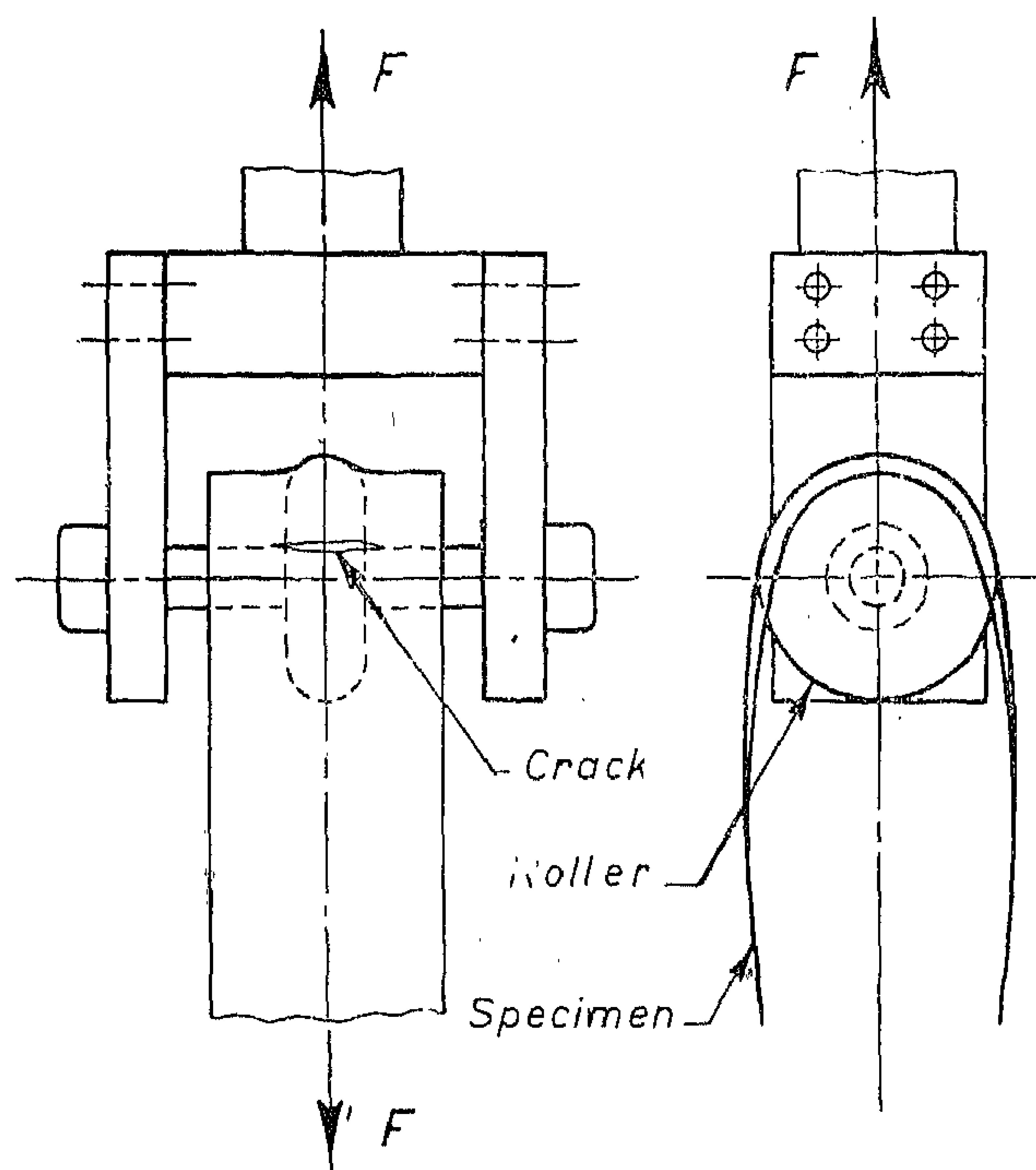
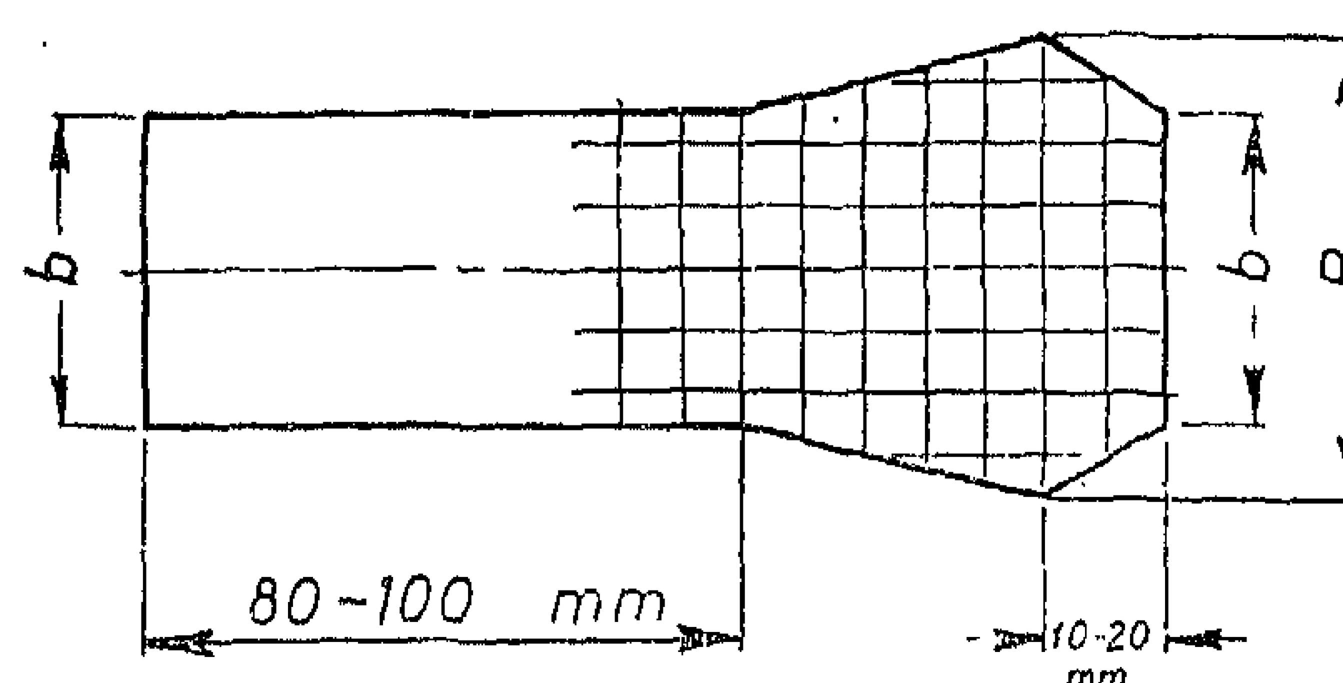
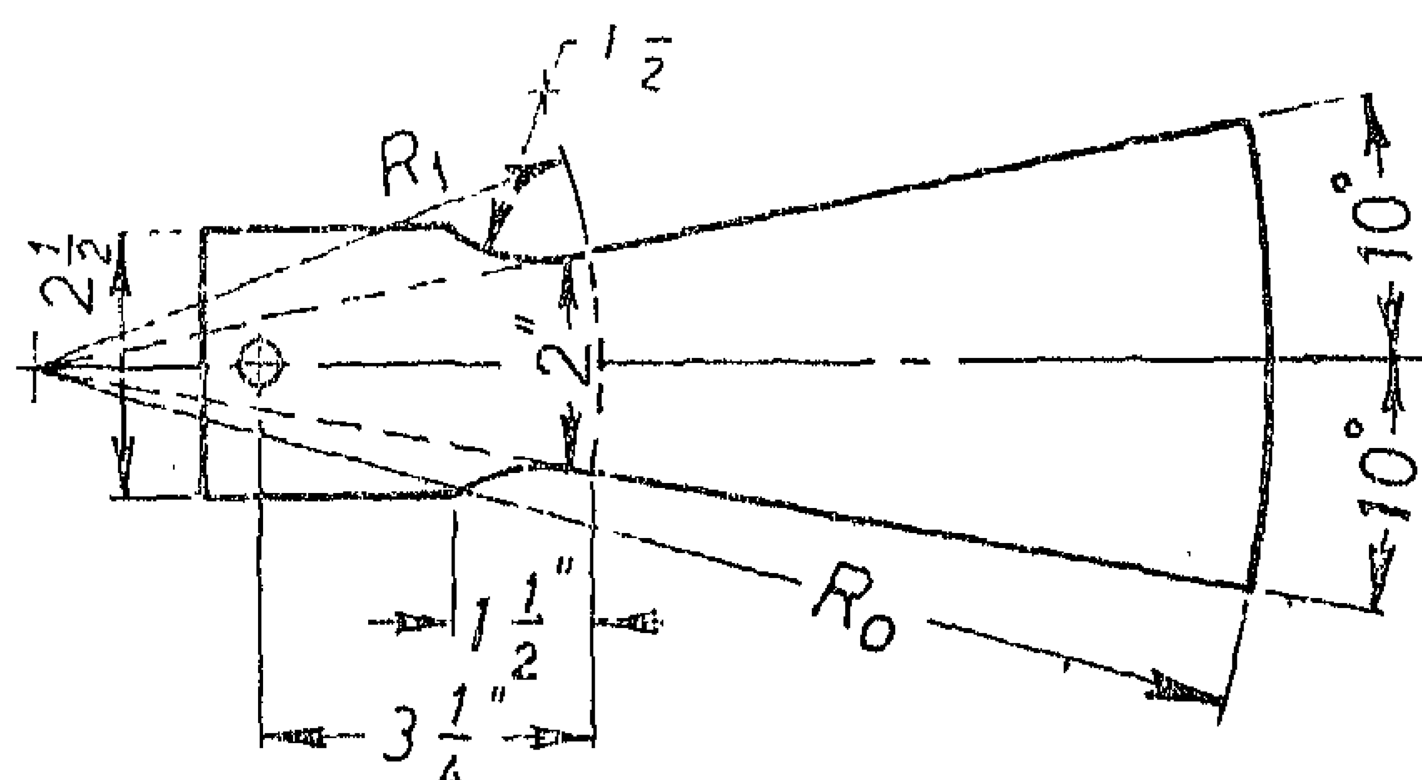


FIG. (5). *Details of tools for Güth's stretch test.*



(a) Sachs Test Specimen (Taper=1:5)



(b) Swift's Test Specimen

FIG. (6). *Wedge drawing test specimens.*

The width of indentation formed is taken as measure for the stretch-drawability of the material. Rollers of various profiles, also punches with different forms can be used in this test.

(B) WEDGE DRAWING TESTS

In these tests a wedge-shaped specimen is drawn through a similarly shaped die, in a tension testing machine. B lank holding is of the constant-clearance type. The stress state, except for end conditions, simulates that encountered in the radial drawing operation in the cup flange during the drawing-in stage.

Test results are evaluated in terms of the maximum drawable width or length of wedge, and the maximum load attained during the test.

(6) *Sach's Test :*

The wedge drawing test was first put forward by Sachs [31, 32] using test pieces of the form shown in Fi. (6). Wedge-shaped specimens with increasing widths are drawn through the die until fracture occurs. The ratio of the maximum width B_{max} of the successfully drawable wedge to the final width b has been taken—irrespective of the wedge angle—as measure for the suitability of the material for deep drawing, and has been called "Drawing Capacity" of the material.

Stresses induced in this test consist of radial tensile stresses together with tangential compressive stresses. Test conditions differ from those exercised by the flange in a partially drawn cup in the presence, at wedge sides, of large frictional forces; consequently test results may be expected to be influenced by lubrication conditions. The general appearance of the specimen's surface and of fracture would also give, for skilled operators, a rough assessment of the grain size.

The wedge drawing test seems to have been indpendently developed by Eksergian

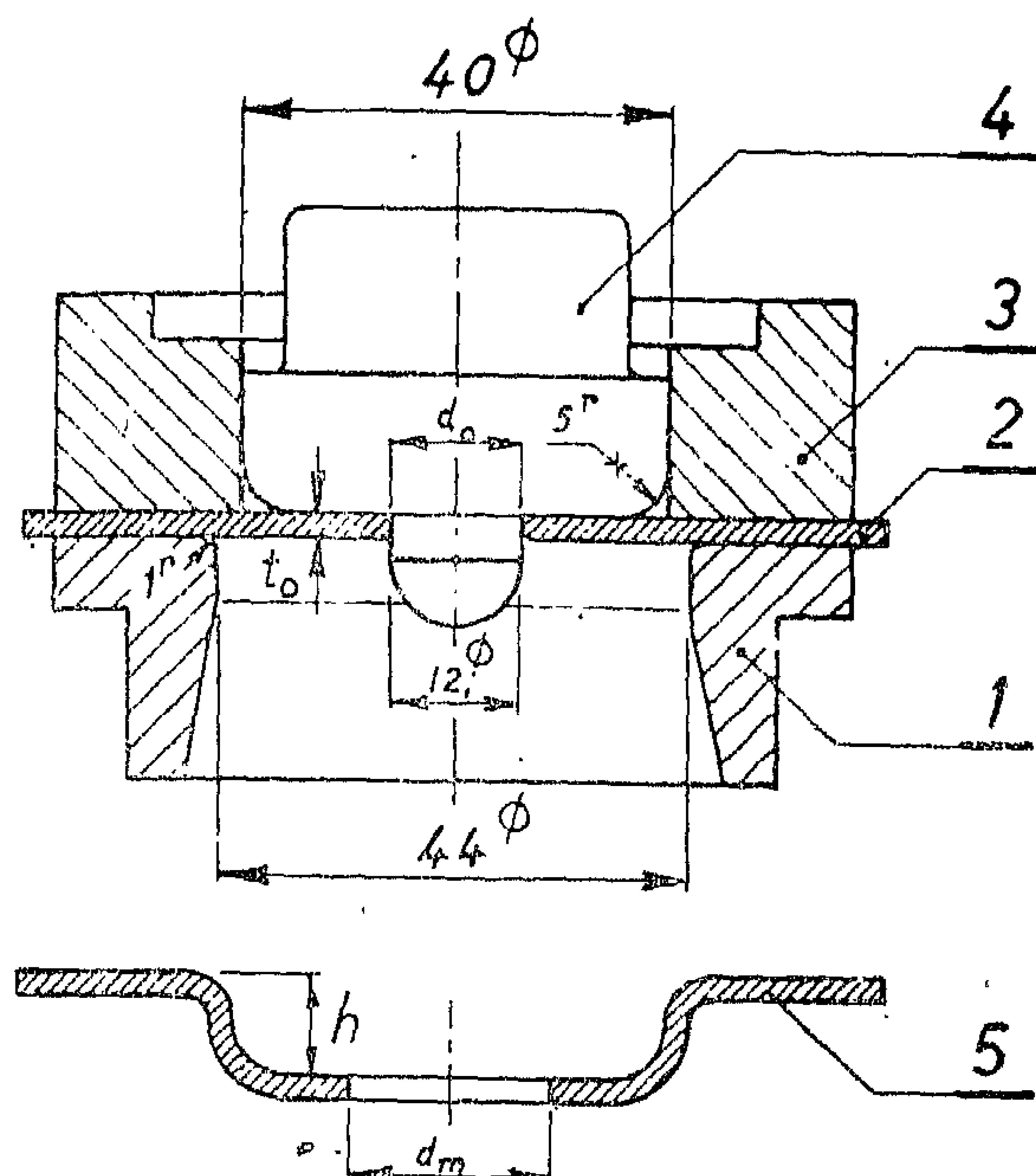


FIG. (4). *Details of tools used in performing the K.W.I. expanding test.*
1 : Die. 2 : Test piece. 3 : Holder. 4 : Punch. 5 : Expanded test piece.

The process yields three criteria which are anisotropic behaviour, the central hole does not maintain its circular shape on performing the test.

taken as measure for the drawing qualities of tested material, namely :

(a) Depth of draw or punch penetration h in mm,

(b) Expanding ratio d_m/d_o, in which d_m represents the mean value of the hole diameter after test [$= \frac{1}{2}(d_{max} + d_{min})$] and d_o the original diameter of hole.

(c) Degree of non-uniformity measured by the ratio $(d_{max}-d_{min})/ d_m$.

The suitability of sheet for forming is taken as being directly proportional to the first two criteria and inversely proportional to the third. For the numerical assessment of formability in this test, the following ratio has, therefore, been adopted :

$$\left[h \cdot \frac{d_m}{d_o} \cdot \frac{d_m}{d_{max} - d_{min}} \right]$$

$$\text{or} \quad \frac{h\,(d_{max} + d_{min})^2}{4\, d_o\,(d_{max} - d_{min})}$$

Siebel and Pomp claimed that their test closely corresponds to same conditions of loading as those encountered in a tension test, and then proposed to determine the ultimate tensile strength σ_B from the equation :

$$\sigma_B = (P_B/(\pi\, d_o\, t_o) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

in which P_B represents the maximum load attained during drawing. The test would thus allow for the determination of the tensile strength of relatively thin sheets which could not otherwise be obtained in the usual tensile test.

The K.W.I. test suffers from the uncertainty associated with the judgement of the development of the first crack especially that failure of the test piece develops quite gradually. This would throw doubt as to the accuracy with which end values of test can be determined. The test is, moreover, only suitable for testing sheet metal designated for receiving a forming operation similar to that encountered in the test, since the increase in the diameter of th hole and the stresses induced at its periphery de not correspond to conditions met with in deep drawing.

(5) *Güth's Stretch Test :*

For sheet metal parts to be manufactured by the stretch forming process, Güth has developed a suitable testing method [29, 30] in which bands measuring some 500 mm in length and 90 mm in breadth are stretch drawn in a tensile testing machine. The test piece is clamped at its two ends to one side of the testing machine, while the middle portion of the strip (now assuming some horse-shoe form) is acted upon by a roller fixed to the other side of the machine by means of a forked piece (Fig. 5).

The test specimen is stretch drawn in the machine until a transverse crack develops.

of test results, short time involved and low material consumption in the test.

An advantage credited to the Erichsen test is that it provides, for experienced operators, some indication of the "average grain size" as judged by the roughness of the formed dome, also of the surface texture to be expected on forming of tested material. The type of fracture may further lead to useful conclusions concerning the directional properties of the material.

Another version of the Erichsen test is the "Guillery Test" in which the solid punch is acted upon by a piston subjected to fluid pressure, in place of the screw actuating the punch in the Erichsen test.

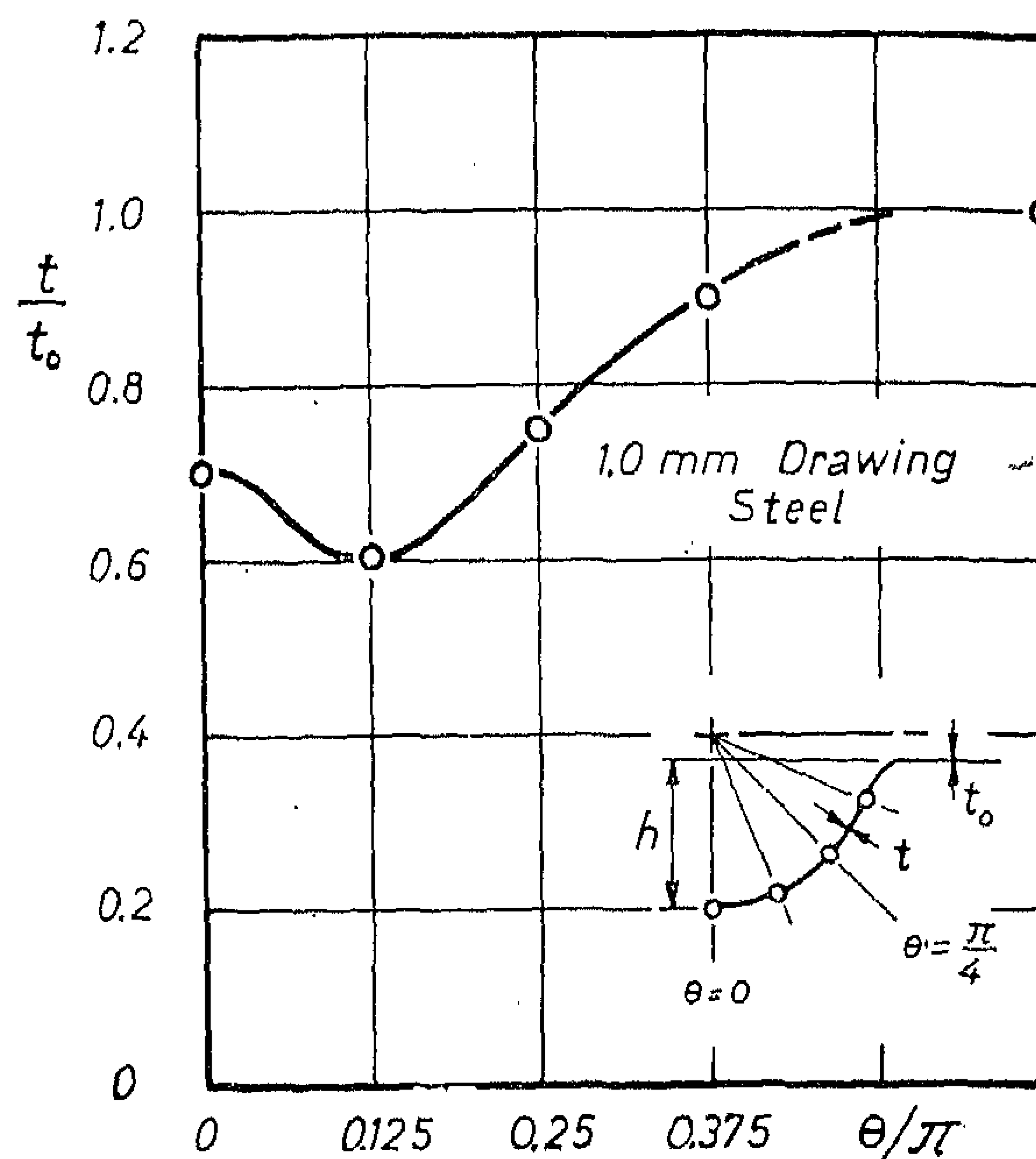


FIG. (3). *Typical thickness variation of blank in the Erichsen test.*

(2) *Erichsen Test with Ellipsoidal Punch:*

A new test is being developed in France for testing sheet metal using an ellipsoidal punch on machines normally employed for performing the Erichsen test. In the proposed method, the blank is kept circular in form though its diameter is made to vary in accordance with sheet thicknesss.

The test is carried out under carefully specified surface and lubrication conditions, and the metal is allowed to exercise a certain amount of flow under the blank-holder.

(3) *The Hydrostatic Bulge Test:*

A test somewhat similar to the Erichsen test is that known as the Olsen Test (also the Jovignot Test) in which penetration by a solid punch is replaced by the application of oil under pressure [25]. In such test the specimen is gripped really tightly so that no inward flow of the material is permitted, thus resulting in a pure bulge test. The test is, however, unpopular due to its inherent messiness.

This type of test has been found suitable for the determination of the plastic behaviour of sheet metal in the so-called flow curves (true stress—true strain curves) [26]; it shows good agreement with results obtained in the tension test.

(4) *K.W.I.* Expanding Test:*

In this draw-stretch test proposed by Siebel and Pomp [27, 28], the test piece generally takes the form of a circular blank with a neatly finished concentric hole at its middle; it is firmly held between the die (1) and the holder (3) (Fig. 4). By forcing the punch (4) against the test piece, the latter is drawn with consequent expansion of the central hole until a radial crack therein develops.

It is clear that this test entails stretch drawing at the bottom of the partially drawn test specimen, the stress system not corresponding to that encountered in normal deep drawing work. For materials exhibiting

*K.W.I. = Kaiser Wilhelm Institut fur Eisenforschung.

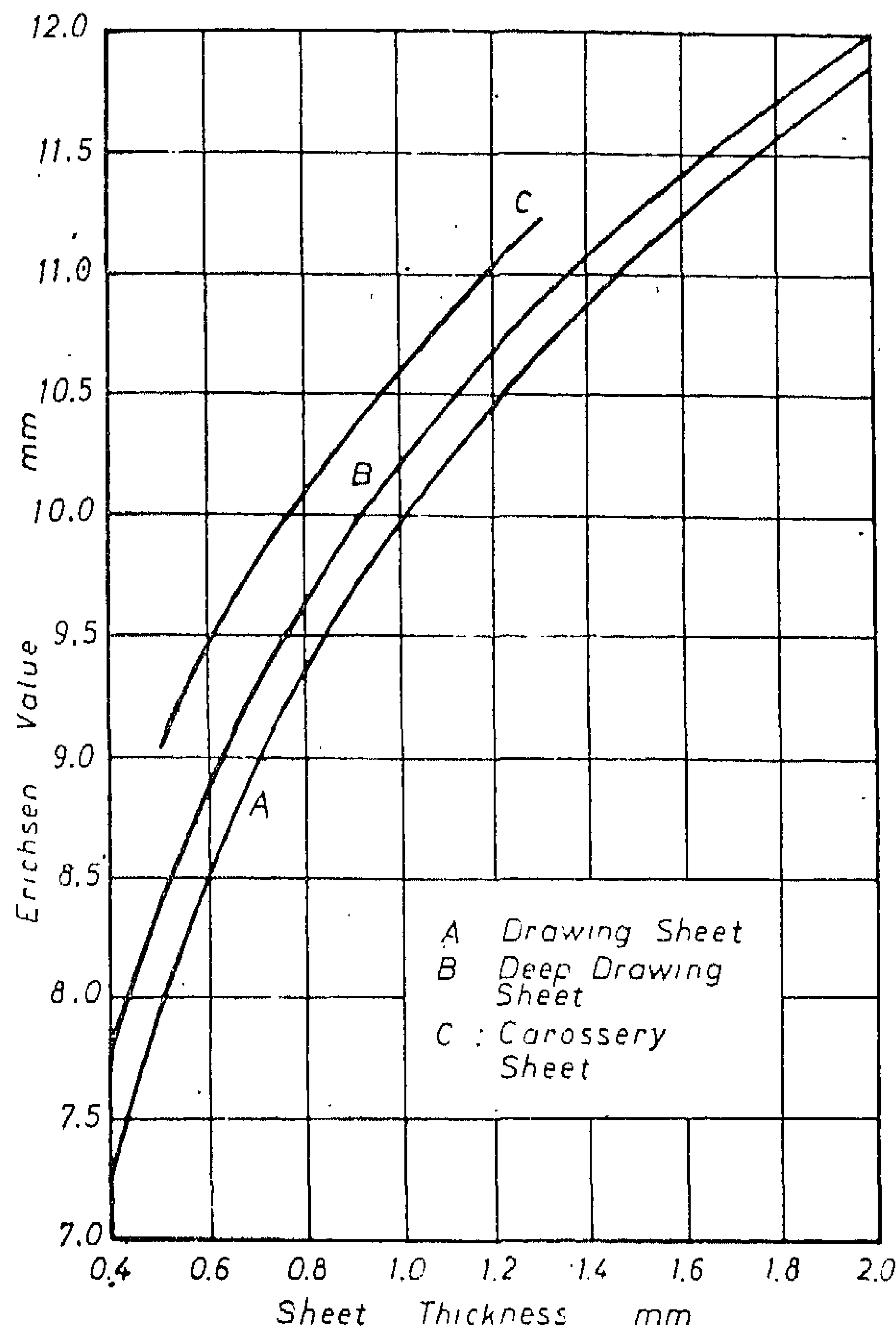


FIG. (2) a. *Erichsen test values for steel sheets.*

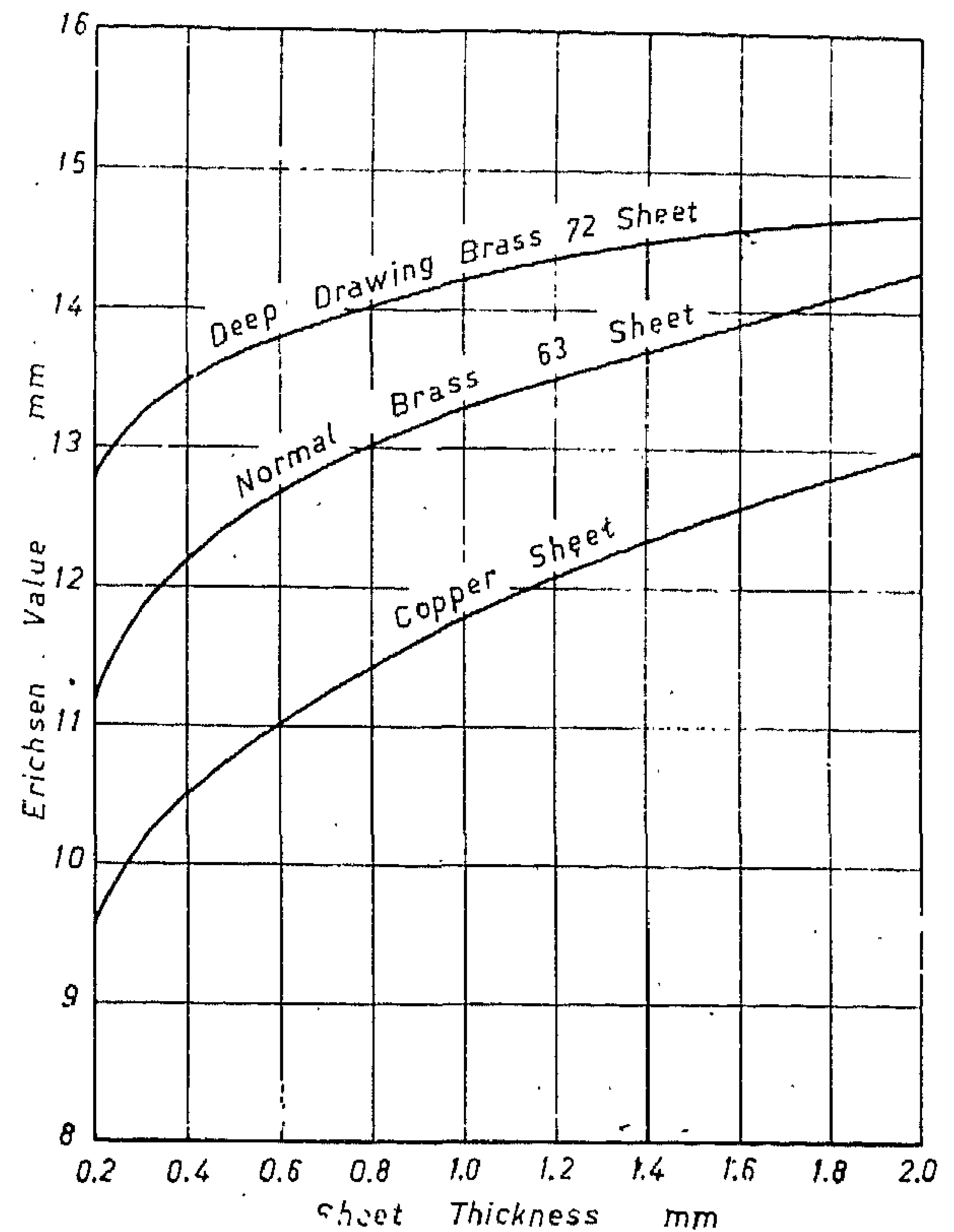


FIG. (2)b. *Erichsen test values for copper and brass sheets.*

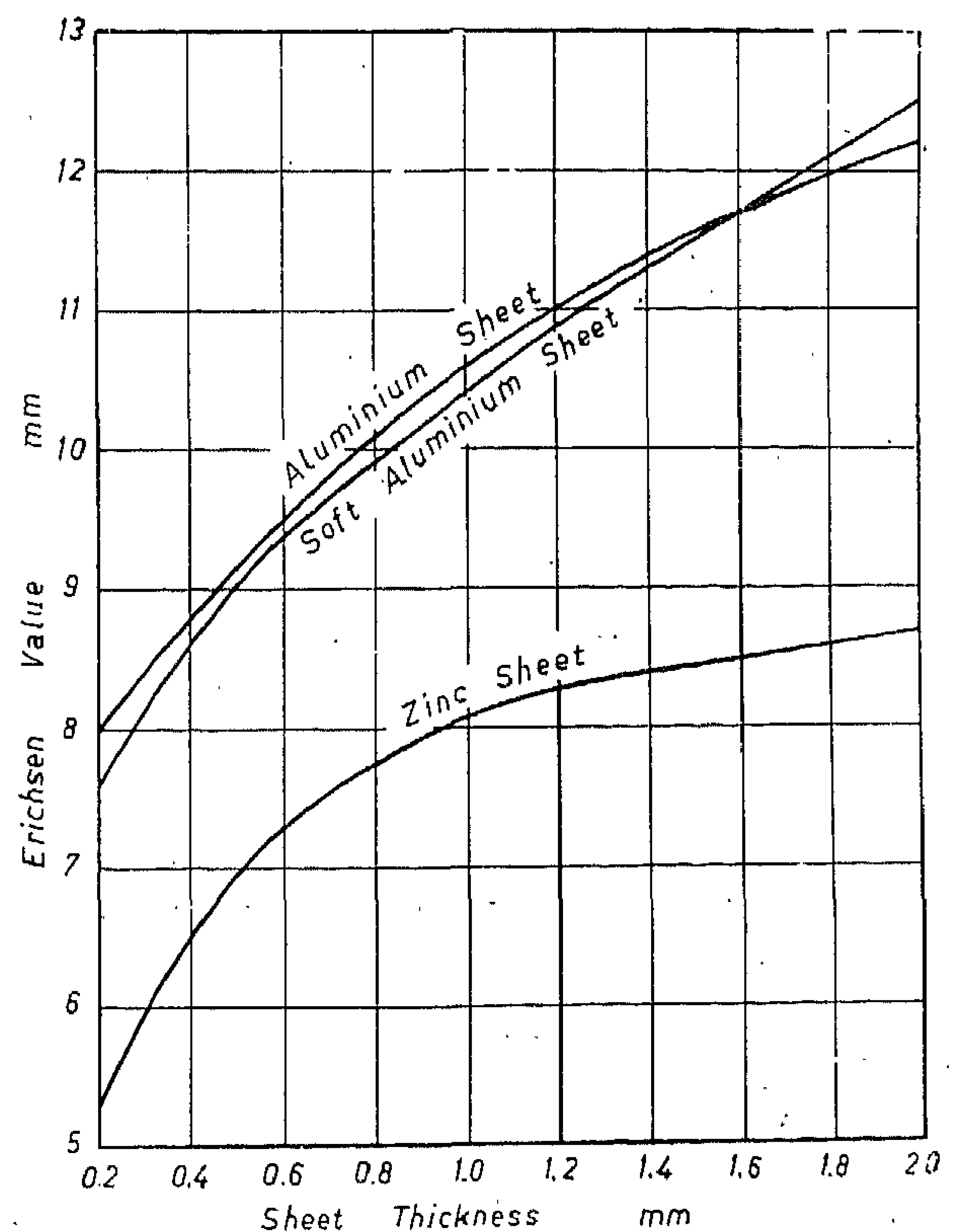


FIG. (2)c. *Erichsn test values for aluminium and zinc sheets.*

qualities. Test results are also affected by lubrication of blank. It has been shown that the Erichsen test may be looked upon as some form of tension test with a relatively short test length [24].

No correlation has yet been stablished between the Erichsen value and the limiting drawing ratio* obtained in cup-forming tests. It is generally accepted that the Erichsen test cannot, in its present form, be considered suitable for the general assessment of deep drawing qualities of sheeet metal, since it involves a stress system different from that generally prevailing in deep drawing work. The Erichsen test is, however, very widely used, its popularity being mainly due to its simplicity, low cost, ready evaluation

*Ratio of largest possible, successfully drawable, blank diameter to punch diameter.

conveniently arranged, in accordance with their nature, in five groups, namely:

(A) Stretch Forming Tests.
(B) Wedge Drawing Tests.
(C) Deep Drawing Tests.
(D) Combined Tests.
(E) Assessment through Mechanical Properties.

Owing to the fact that frictional influences (dictated by surface finish, surface coating, surface pressure and conditions of lubrication) can seriously affect the deep drawing opration, bsides other factors such as strain rate, the study of such and of similar variables must first be preceded by the development of accurate and consistent means for evaluating the deep drawing properties of the material should the material factor be held constant for fundamental investigations. Moreover, the absence of such satisfactory test has always been a source of inconvenience for both suppliers and users in the sheet metal industry.

PART I: STRETCH-FORMING AND WEDGE-DRAWING TESTS

(A) STRETCH FORMING TESTS

In these tests the material is mainly subjected to a system of balanced bi-axial tension, stretch forming being effected by means of a solid punch (Erichsen and Guillery Tests) or through fluid pressure (Olsen and Jovignot Tests).

(1) *The Erichsen Test:*

The earliest test for examining the deep drawing quality of sheet metal was developed by Erichsen in 1914 [18]. The test has since been subject to numerous investigations [19-21] with a view to studying its accuracy and field of application to various deep drawing operations.

The Erichsen test is simply a stretch-forming test in which blanks of thicknesses up to 2 mm are acted upon by a cylindrical punch with spherical nose (Fig. 1), the blank being held against a holder to prevent, to a certain extent, inward flow thereunder. The maximum depth h attained before fracture develops is taken as the Erichsen value.

In this test, however, the blank is not gripped so tightly as to fully prevent inward flow of the material under the action of the punch, but rather some inward flow under restraint is allowed.

Dimensions and form of tools used (Fig. 1), also test values for sheet mtal (Fig. 2 a, b and c), have been standardised in Germany [22, 23]. Fig. (3) shows a typical thickness variation along the blank in this test.

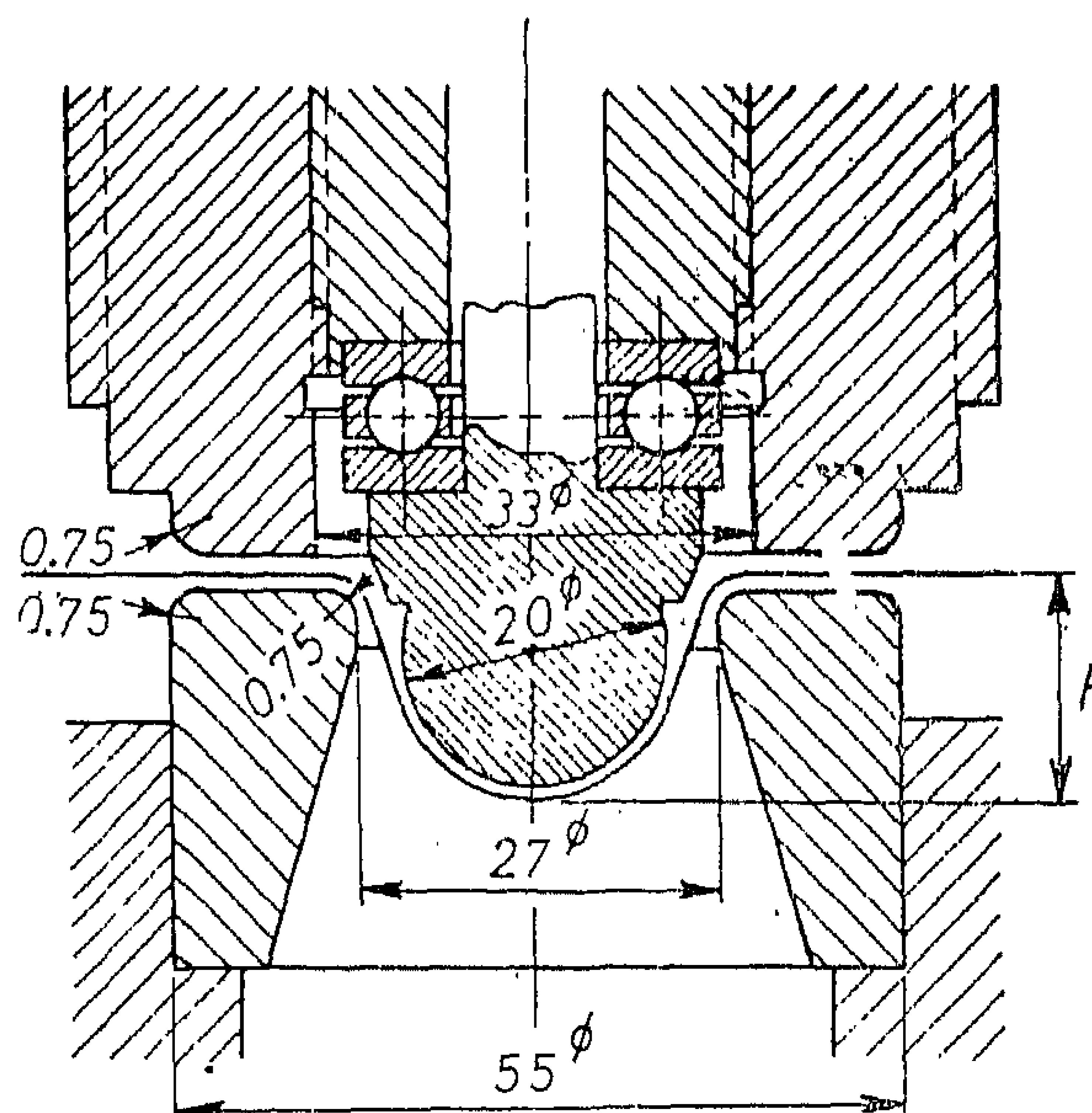


FIG. (1). *Form and dimensions of tools used for performing the Erichsen Test in accordance with the German Specification DIN 50101. (Dimensions in mm.)*

It is evident that the depth h, taken in this test as criterion for drawability, greatly depends on blank thickness. Moreover, the thickness tolerance may well lead to discrepancied of same order as differences between Erichsen values for different sheet

ASSESSMENT OF DEEP DRAWING QUALITIES OF SHEET METAL
Part I : STRETCH FORMING AND WEDGE DRAWING TESTS

By

GALAL S. A. SHAWKI

B. Eng., Ph.D., A.M.I. Mech. E.

Asst. Professor, Faculty of Engineering,
Cairo University.

This series of papers presents a critical review of the methods of assessing deep drawing qualities of sheet metal developed during the last fifty years. Methods reported include stretch forming wedge drawing, deep drawing and combined tests, also the assessment through mechanical properties of the material.

The nature and fundamental details of tests are outlined, and factors influencing relevant results are considered. The significance, limitations and extent of applicability of test results are discussed, and the correlations between tests, if any, is given.

It is concluded that, as far as methods reviewed are concerned, no single test can yet be considered quite adequate for reliable prediction of sheet mtal performance under the press.

INTRODUCTION

The plastic working of metals has made notable progress during the present century, though only during the last few decades did the theory of plasticity receive serious and intensive attention.

Fundamental research on the mechanism of deep drawing was initiated in the 1940's by the late Professor H. W. Swift at the University of Sheffield. He carried out basic scientific studies of stresses and strains induced in the sheet during the drawing operation, press load requirements and limitations of the drawing process[1-5]*. An important objective which he also seeked was the development of a reliable method for the assessment of deep drawing qualities of sheet metal, which method, if developed, would be of considerable importance in the sheet metal industry. Swift investigated carefully the wedge drawing test [6] and proposed a deep drawing test [7, 8] known after his name, in an ettempt to predict sheet metal performance under the present. It is this latter aspect of Swift's work which we are mainly concerned with in this series.

The problem of assessing deep drawing qualitis of sheet metal has been th subject of extensive investigations, and is frequently referred to in recent literature on sheet metal work [9-17]. The problem has, quite rightfully, gained international interest, and is now comprised in the field of activity of the "International Deep Drawing Research Group (I.D.D.R.G.)".

In this series, the various methods so far devised and proposed for the solution of the problem are critically reviewed; they are

*See list of references at end of paper.

Assume that f = 0.015, and that the culvert discharges into a wide channel. In this case, therefore, C_o may be taken a unity.

$$H_T = \frac{V^2}{2g} (C_e + C_o + C_f) \text{ .... eqn. (2)}$$

$$H_T = 0.20 \text{ m.}$$

$$C_o = 1.00$$

$$\text{and } C_f = f \times \frac{L}{D} = \frac{0.015 \times 10}{0.30} = 0.50$$

$$V = 0.567 \text{ m./sec.}, \frac{V^2}{2g} = 0.01645$$

$$\therefore H_T / \frac{V^2}{2g} = \frac{0.20}{0.01645} = 12.17$$

$$\therefore 12.17 = C_e + 1.00 + 0.50$$

$$\therefore C_e = 8.10$$

From Fig. (9) C_e = 8.10 corresponds to 0.413 diameter opening.

i.e. = 0.413 × 0.30 = 12.40 cms. open.

REFERENCES

(1) R. W. Cater: "Computation of peak discharge at culverts", U.S. Geological Survey, Circular 376, 1957.

(2) Wen-Hsiung Li and Calvin C. Patterson: "Free outlets and self-priming action of culverts, paper 1009", Proceedings, ASCE Journal, Hydraulics Division, No. HY3, June, 1956.

(3) David L. Yarnell, Floyd A. Nagler, and Sherman M. Woodward: "Flow of water through culverts", University of Iowa, Bulletin 1, 1926.

(4) F. T. Mavis: "The hydraulics of culverts", The Penn. State College; Bulletin 56; Oct., 1, 1942.

(5) Lorenz G. Straub and Henry M. Morris: "Hydraulic data comparison of concrete and corrugated metal culvert pipes", University of Minnesota, Technical paper 3, series B, July, 1950.

(6) Lorenz G. Straub and Henry Morris: "Hydraulic tests on corrugated metal culvert pipes", University of Minnesota, Technical Paper 5, series B, July, 1950.

(7) Lorenz G. Straub, Alvin G. Anderson, and Charles E. Bowers: "Effect of inlet design on capacity of culverts on steep slopes", University of Minnesota, Project Report No. 37, August, 1953.

(8) Lorenz G. Straub, Alvin G. Anderson, and Charles E. Bowers: Importance of inlet design on culvert capacity, in culvert Hydraulics", Highway Research Board, Research Report 15-B, Washington, D.C., 1953.

(9) Roy H. Shoemaker, Jr., and Leslie A. Clayton: "Model studies of tapered inlet for box culverts, in culvert Hydraulics", Highway Research Board, Research Report 15-B, Washington, D.C., 1953.

(10) John L. French: "First progress report on Hydraulics of short pipes: Hydraulic Characteristics of commonly used pipe entrances", U.S. National Bureau of Standards, Report 4444, Dec. 28, 1955.

(11) John L. French: "Third progress report on Hydraulics of culverts: Effect of approach channel characteristics on Model Pipe culvert operation", U.S. National Bureau of Standards, Report 5306, June 3, 1957.

(12) H. Rouse: "Engineering Hydraulics", Institute of Hydraulic Research, State University of Iowa, p. 427, 1950.

C_T = The total loss factor.

C_e = The entrance loss factor.

C_o = The exit loss factor.

C_f = The friction loss facto1

$$= f \times \frac{L}{D}$$

where

F is the surface resistance factor, L the length of the pipe, D the diameter of the pipe.

For different cases of openings, calculations for C_e, C_o and C_f were carried out according to equation (3). Their values are shown in the following table. Also a curve for C_e against the pipe opening is drawn on Fig. 9.

Case of opening	Mean value of		
	C_e	C_o	C_F
Fully Open	0.58	0.67	0.33
12/16-(3/4)	1.25	0.74	0.32
10/16	2.09	0.66	0.35
8/16-(1/2)	4.19	0.78	0.30
7/16	6.53	0.64	0.35
6/16	11.40	0.60	0.35
5/16	22.04	0.66	0.30
4/16-(1/4)	38 95	0.67	0.28

Mean value of C_o in general = 0.70.

Mean value of C_f in general = 0.32.

$$f = C_f \times \frac{D}{L} = 0.012.$$

For the xit condition of the pipe culvert tested in this work, a mean value of 0.70 for C_o for different cases of openings is considered. Also a mean value of 0.32 for C_f is taken.

The mean values of C_o and C_f were considered in equation (2) and discharges for different openings were recked. An error not greater than ± 2 % for some runs was noticed.

(e) *Investigations of Results :*

(1) In case of culvert fully open, Fig. (3) shows that, the maximum drop in pressure in the barrel occurs just after the entrance, then it is recovered at a distance of about 4 times the diameter of the pipe, where it reaches its maximum value. Then a transition form in the pressure line is extended to about 11 times the diameter, where the surfase resistance begins to be uniform.

(2) In case where the pipe is $\frac{3}{4}$ open, Fig. (4) shows that, the maximum drop occurs also just after the entrance, and also is recovered at about 4 times the diameter. A transition is extended to about 11 times the culvert diameter as in cases of fully open culvert.

(3) When the culvert is $\frac{1}{2}$ opened, Fig. (5) shows that, he maximum drop occurs a distance of about $\frac{3}{4}$ the culvert diameter, and a transition is extended to about 11 times the culvert diameter.

(4) In case where the culvert is $\frac{1}{4}$ opened, it is shown in Fig. (6) that, the maximum drop occurs a distance of $1\frac{1}{4}$ the pipe diameter, then recovered at about 8 times the diameter. A transition is extended to about 11 times the pipe diameter.

Therefore it may be concluded that, when the culvert is regulated by a sluice gate, the flow entering the culvert will contract to a depth less than the height of the culvert barrel, the high velocity jet under the gate will continue through the barrel length, but its velocity will be reduced slowly as head is gradually lost by friction. This explains the shift of the maximum drop of the pressure as the gate is partially closed.

(f) *Example for practical use :*

A pipe culvert of 0.30 m. diameter, and a length of 10 ms., is fitted with a sluice gate. It is required to find the necessary gate opening to discharge 40 lit./sec. under a total loss in head of 0.20 m.

(d) *Analysis of results :*

In culvert, the form losses due to entrance is as important as the surface loss of the conduit. Considering the culvert as a whole, it has an entrance loss, a surface resistance loss and an exit loss. Since it requires at least twenty diameters for establishment of the typical turbulent velocity distribution, the Darcy-Weisbach formula does not properly apply (12). When it is used the entrance-loss expression must correct for this discrepancy.

According to the equation, illustrated in figures (7 and 8) :

$$H_T = h_e + h_o + h_f \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\text{or} \quad H_T = \frac{V^2}{2g} (C_e + C_o + C_f) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Dividing by $\frac{V^2}{2g}$, where V is mean velocity in pipe running full, thus :

$$C_T = C_e + C_o + C_f \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

where

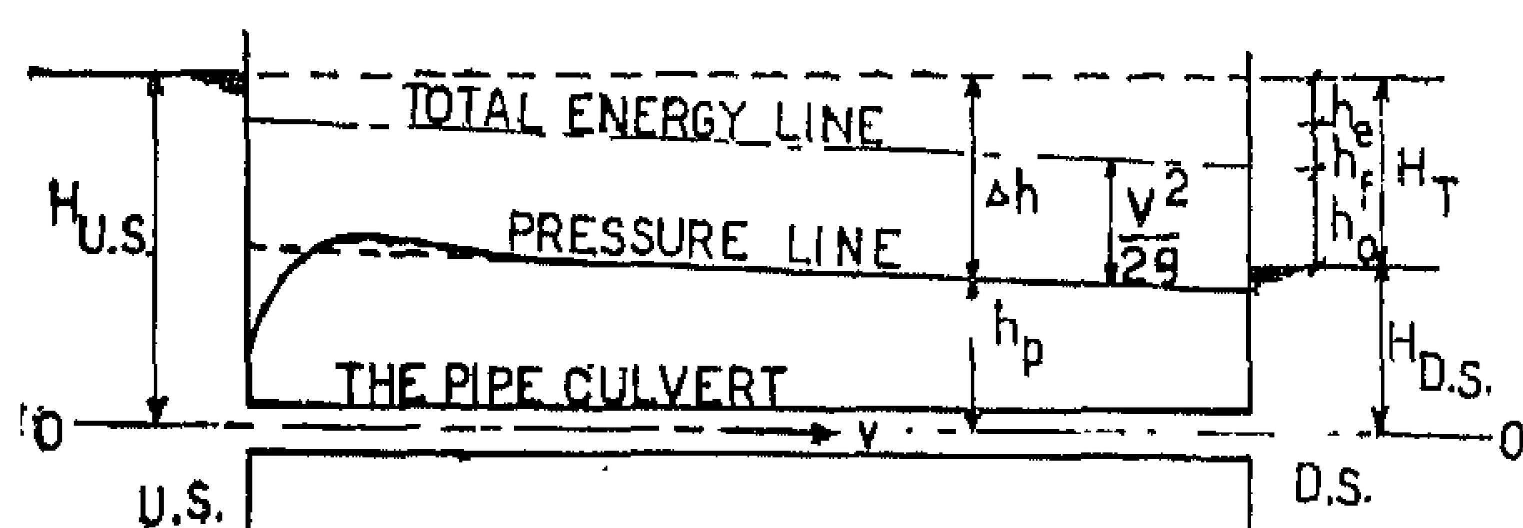


FIG. -7-

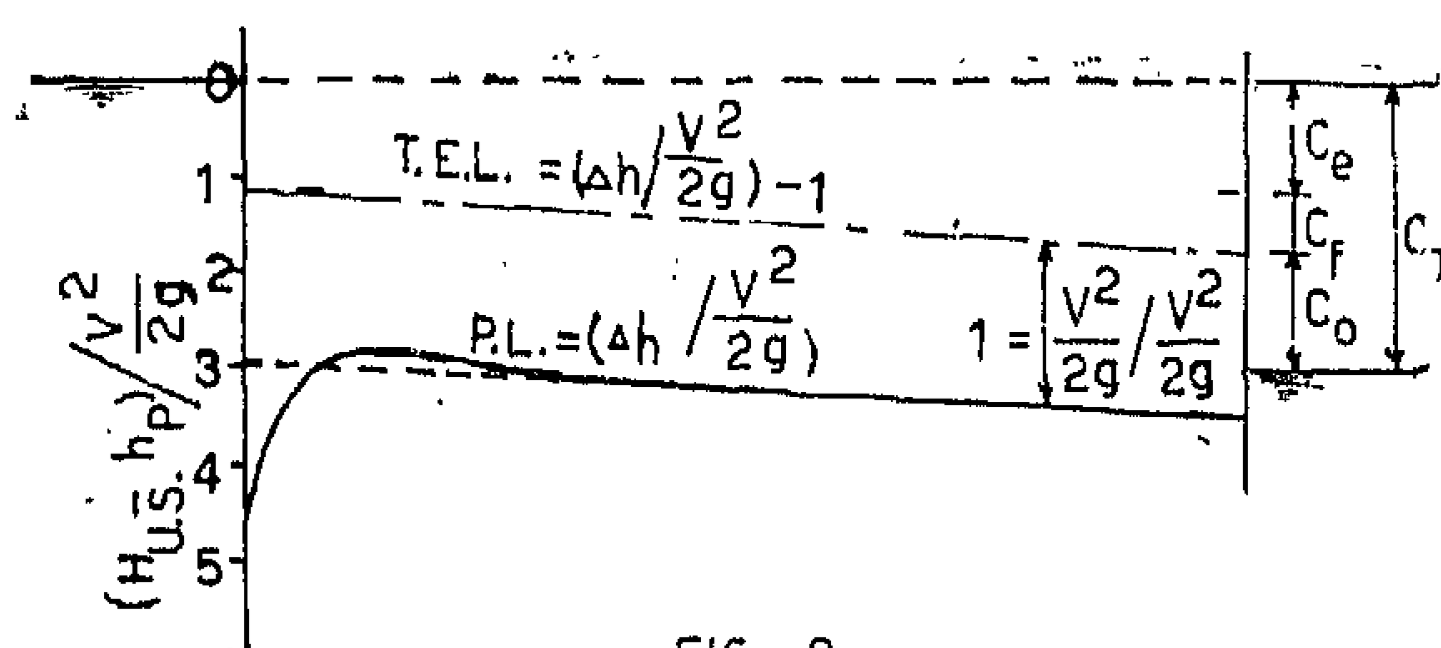


FIG.- 8 -

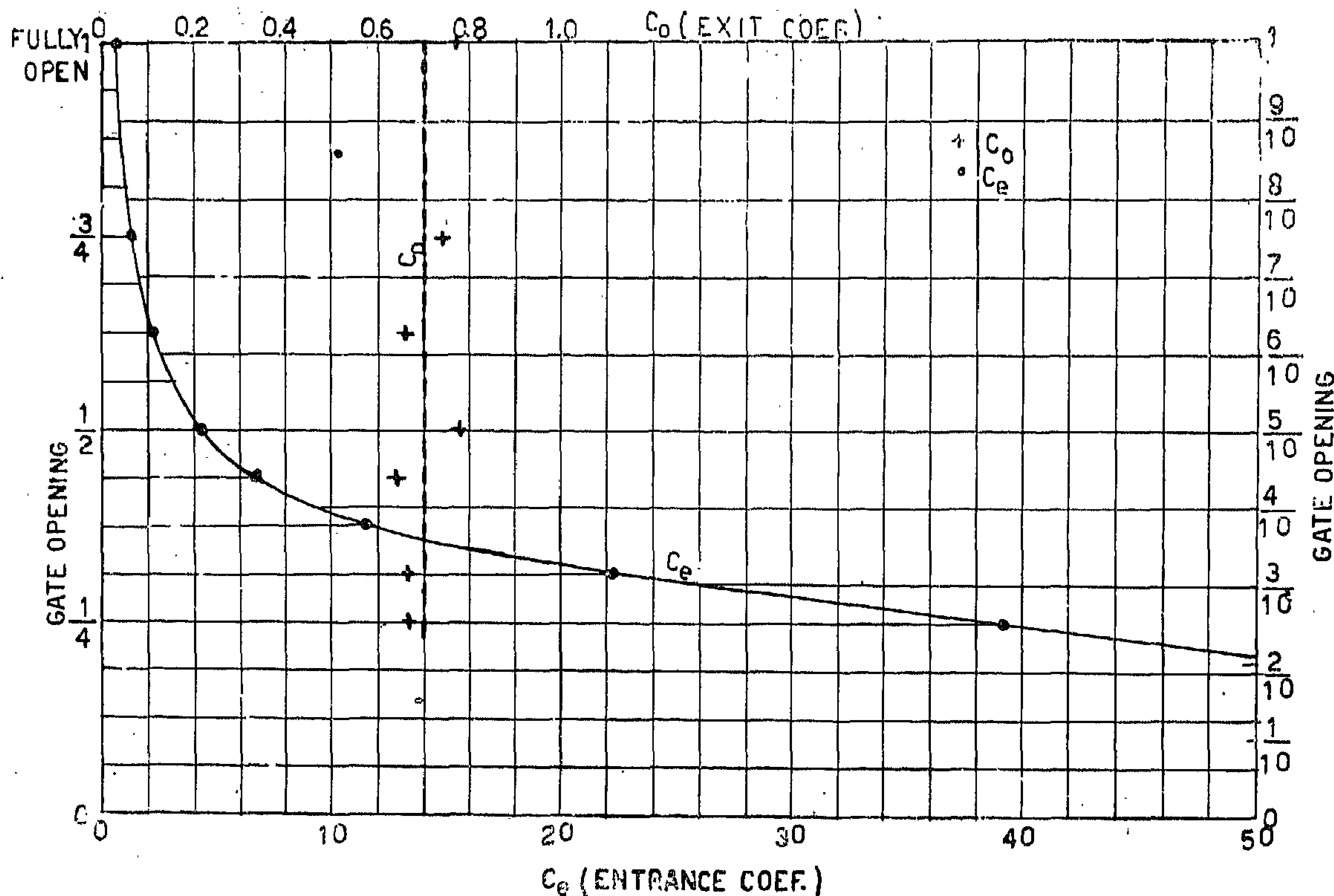
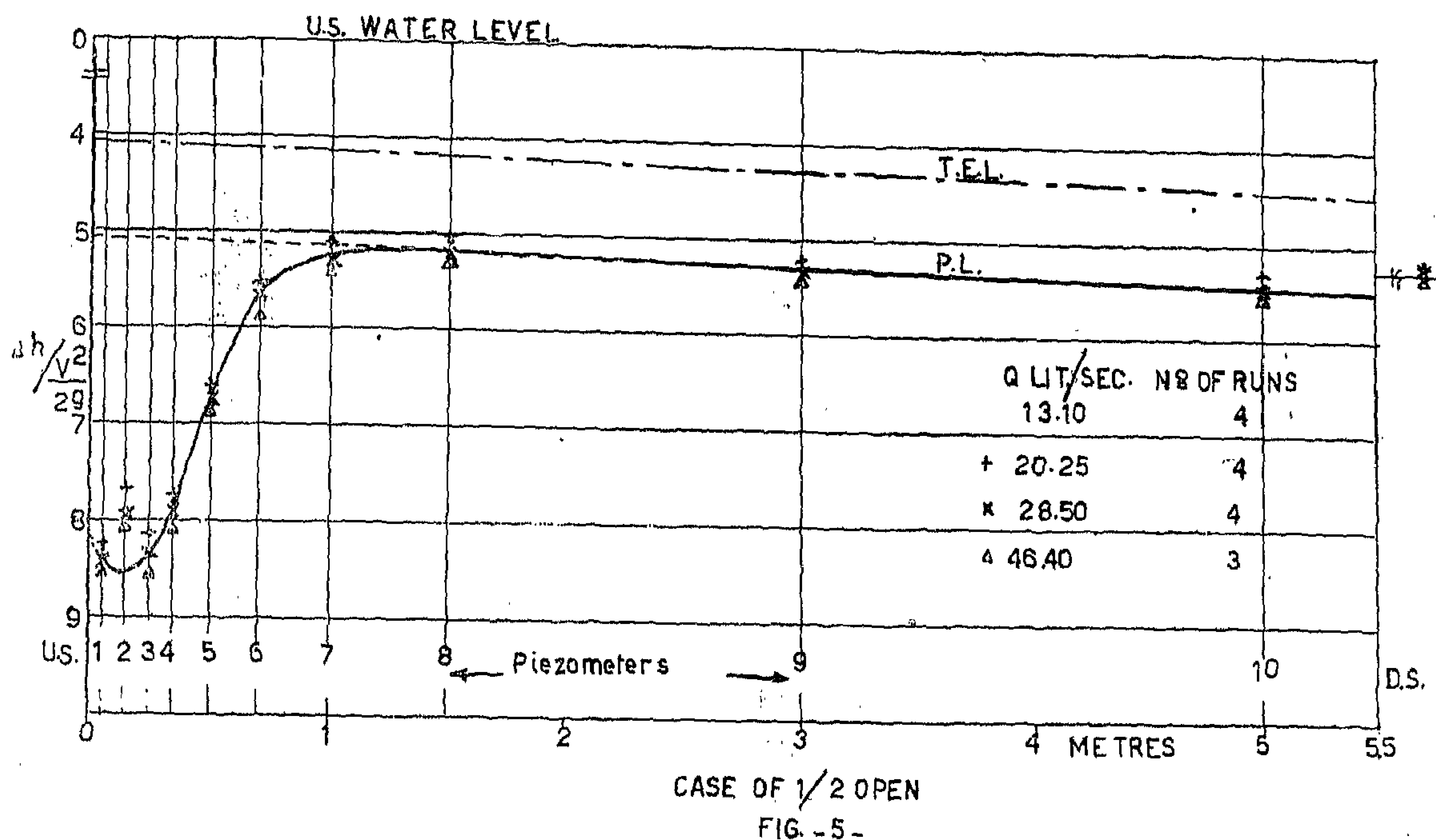
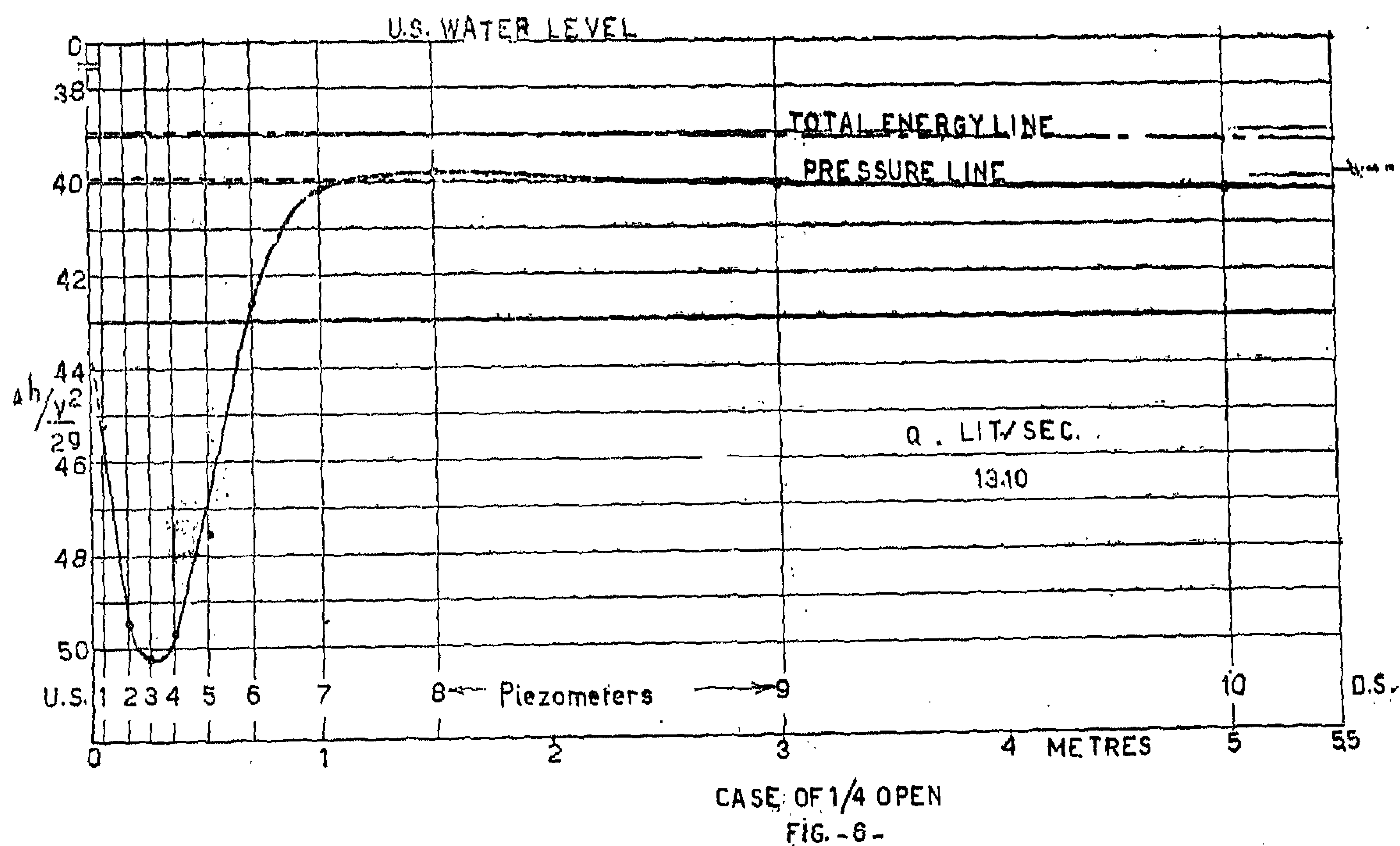


FIG.- 9 -



CASE OF 1/2 OPEN
FIG. -5-



CASE OF 1/4 OPEN
FIG. -6-

less pressure line for previous cases of openings.

The straight reach of the $(\Delta h / \frac{V^2}{2g})$ line was continued in dash line to meet the up stream vertical line. The dimensionless form of the total energy line was obtained by plotting a parallel to the $(\Delta h / \frac{V^2}{2g})$ line at a vertical distance of unity as shown in Figs. (7 & 8).

For the cases when the culvert was 10/16, 7/16, 6/16 and 5/16 open, only the U.S., D.S. and the last two piezometers No. 9 and 10 readings were taken for different runs.

(c) *Test Results :*

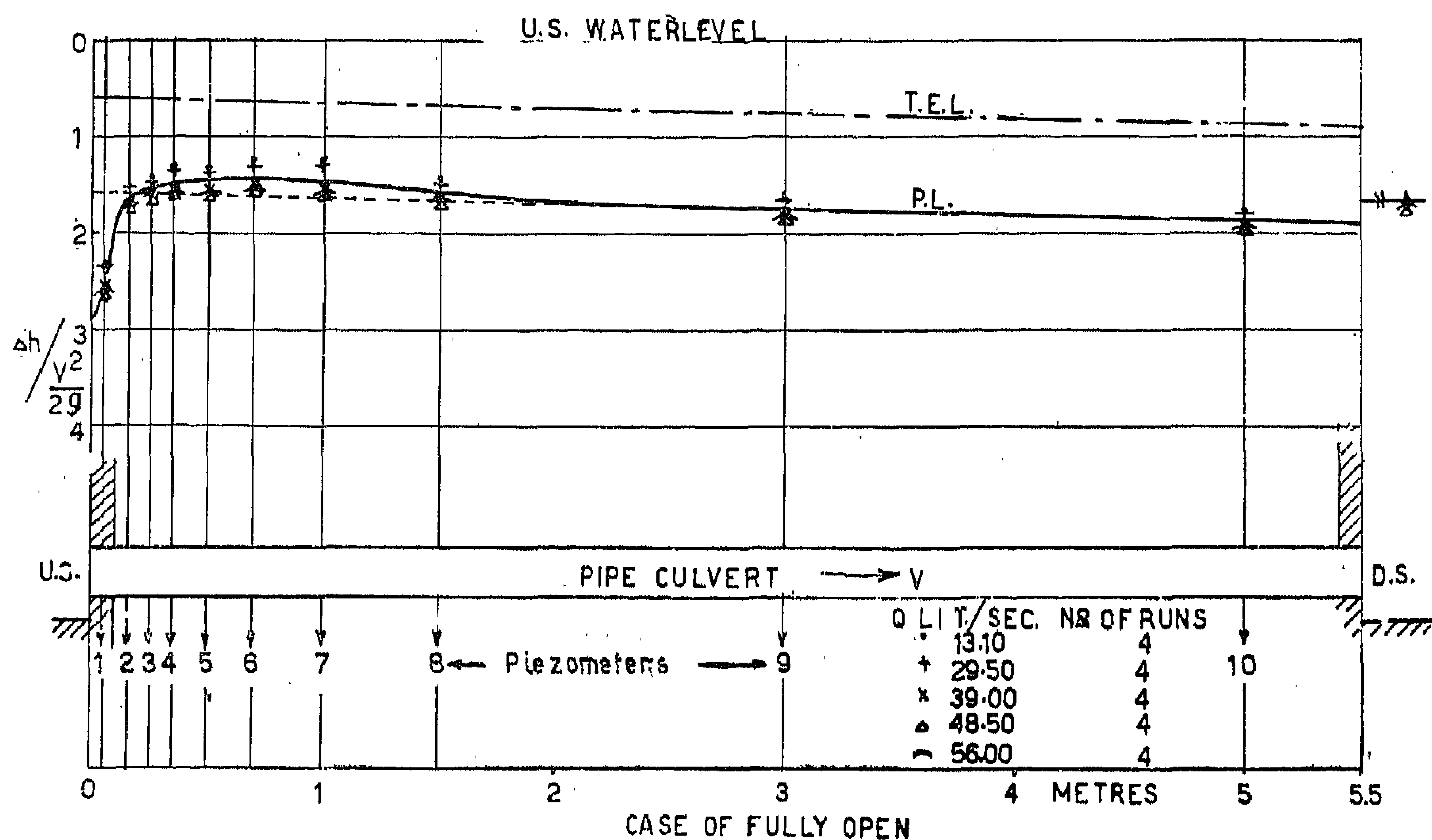
For cases of culvert that is fully, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, and open, the mean dimensionless form of the pressure line ($\triangle h / \frac{V^2}{2g}$) for different discharge for each case were drawn.

Where :

$\triangle h$ = The upstream water level ($H_{u.s.}$) — The piezometer water level (h_p)

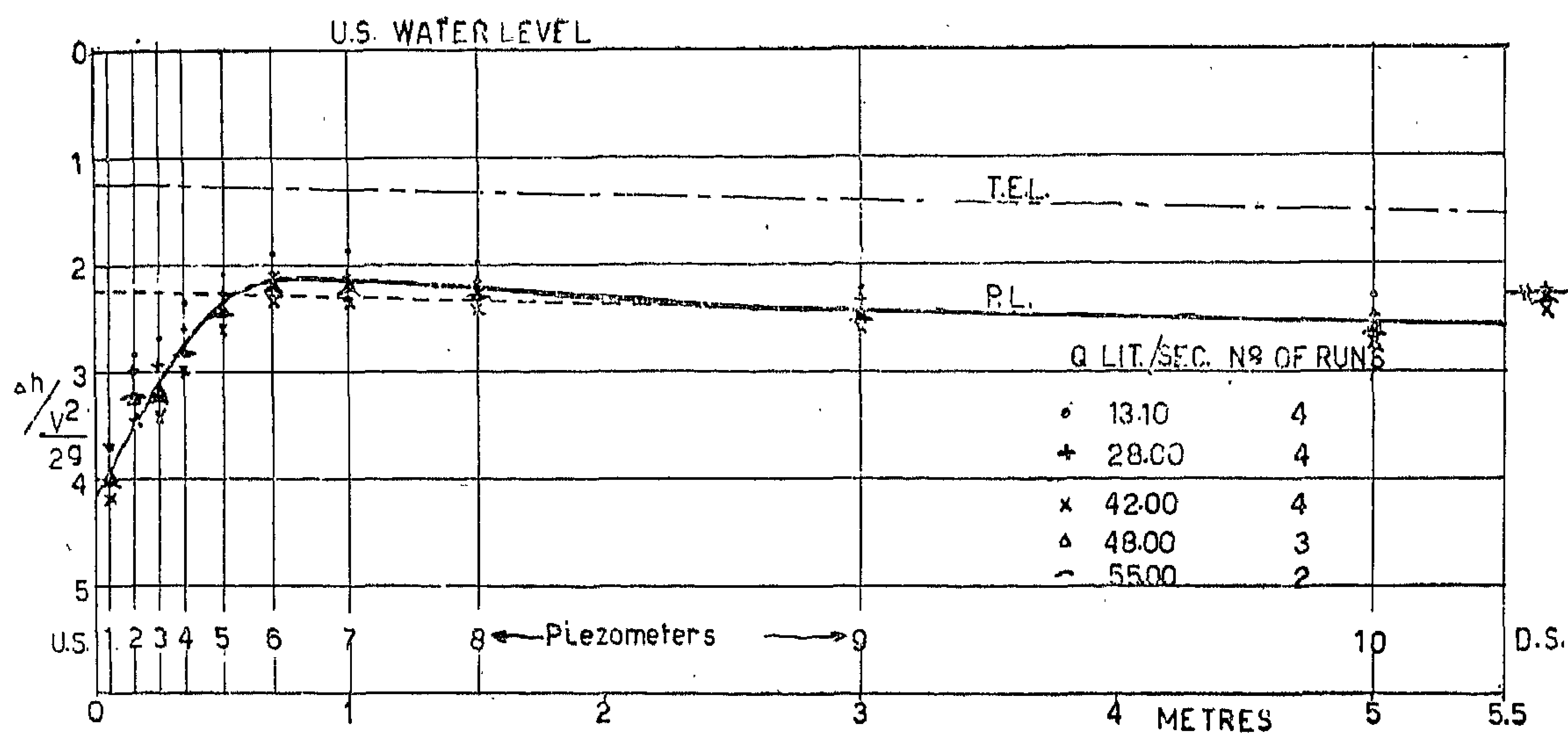
& V = The mean velocity in the pipe running full.

Figures 3, 4, 5 and 6 show the plots for different discharges and the mean dimension-



CASE OF FULLY OPEN

FIG. -3-



CASE OF 3/4 OPEN

FIG. -4-

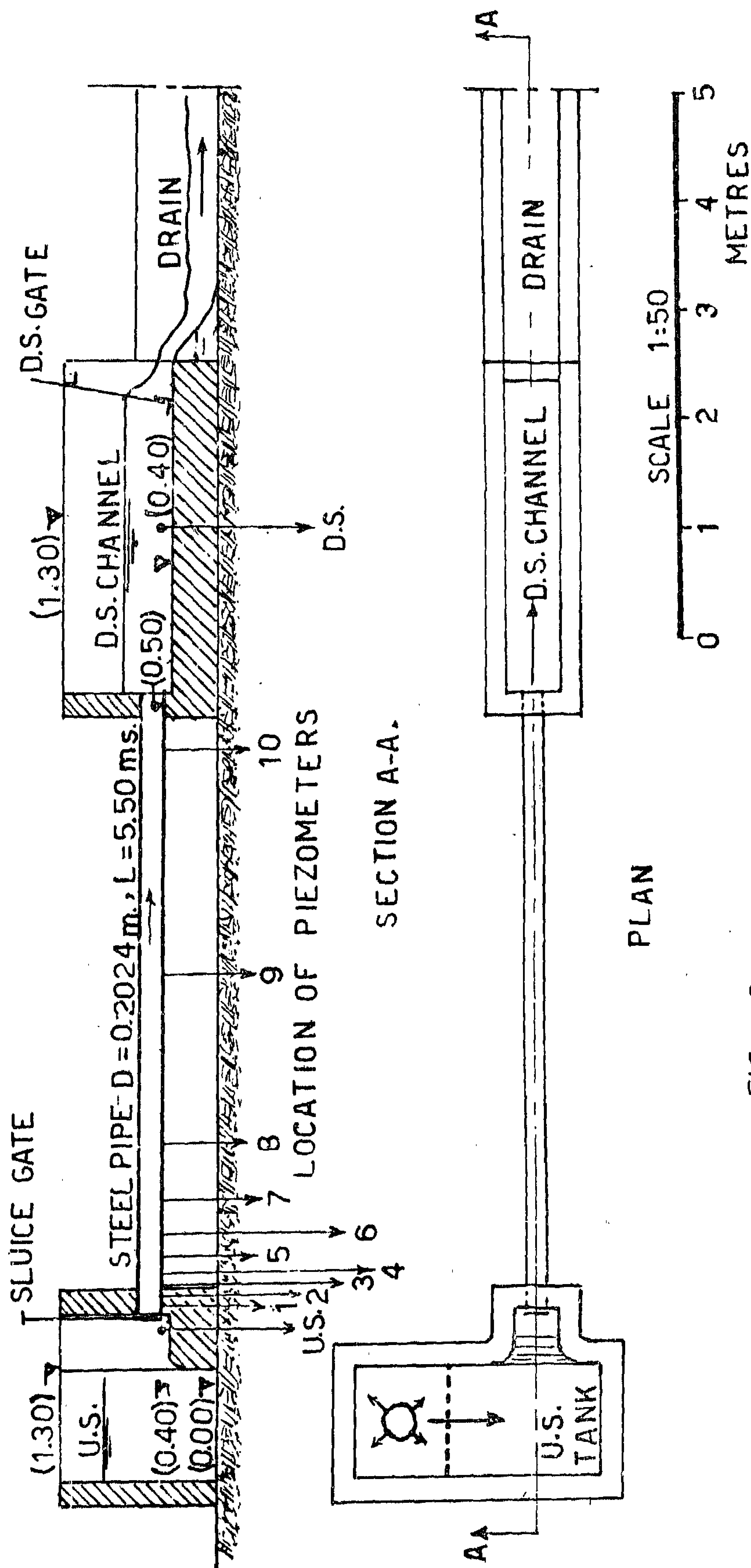

APPARATUS
SLUICE GATE
STEEL PIPE-D=0.2024 m., L=5.50 ms.
D.S. GATE
D.S. CHANNEL
DRAIN
(1.30)
U.S.
(0.40)
(0.00)
(1.30)
(0.50)
(0.40)
D.S.
U.S.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
LOCATION OF PIEZOMETERS
SECTION A-A.
A
A
U.S. TANK
D.S. CHANNEL
DRAIN
PLAN
SCALE 1:50
0
1
2
3
4
5
METRES

FIG. -2-

coefficients of head loss at the entrance for different stages of gate closure are obtained, and may be used for practical purposes.

II.—Flow through culverts:

A culvert is a unique type of constriction, and its entrance is a special kind of contraction. The culvert acts as an open channel as long as the flow is partly full. It will flow full, when the outlet is submerged or when the outlet is not submerged but the headwater is high and the barrel is long. The characteristics of the flow are very complicated.

Whether a culvert is hydraulically short or long, cannot be determined by the length of the barrel alone. It depends on other characteristics, such as slope, size, entrance and outlet conditions. A culvert may become hydraulically short, that is, it may flow partly full, even when the headwater is greater than its critical value. For this situation Carter (1) has prepared charts which may be used to distinguish roughly between a hydraulically short and hydraulically long culvert. Under suitable conditions, a hydraulically short culvert with submerged entrance may prime itself automatically and thus flow full. According to the laboratory investigations by Li and Patterson (2), this self-priming action is due to a rise of the water up to the top of the culvert caused in most cases by a hydraulic jump, the back water effect of the outlet, or a standing surface wave developed inside the barrel.

If the outlet is submerged, the culvert will flow like a pipe and considered hydraulically long.

Yarnell, Nagler, and Woodward (3) were notable pioneers who made more than 3,000 tests on flow through different pipes and box culverts. Later on, round smooth pipe culverts were tested by Mavis (4), corrugated and concrete pipe culverts by Straub and Morris (5-6) and by Straub, Anderson and Bowers (7-8), and standard box culverts by Shoemaker and Clayton (9). In addition, a comprehensive experimental investigation of the hydraulic behavior of commonly used pipe culverts has been conducted at the U.S. Bureau of Standards (10-11).

III.—Experimental Tests:

(a) *Apparatus:*

The apparatus consists of a steel pipe of 0.2024 m. internal diameter, and wall thickness of 6 mms. The length of the pipe is 5.50 ms. It was placed horizontally between the intake tank in the upstream and channel in the downstream end. A steel sluice gate of 4 mms. thickness with flat edges, was fitted at the entrance of the pipe. Levels in the D.S. channel were adjusted by a wooden boards. Ten piezometers were located at the bottom of the pipe at distances: 0.05, 0.15, 0.25, 0.35, 0.50, 0.70, 1.00, 1.50, 3.00, 5,00 metres from the U.S. face. These piezometers were connected to multiple manometer. Water levels upstream and downstream of the culvert were measured by wall piezometers in the bottom of the tank and channel.

Fig. (2) shows a detail drawing of the apparatus and the locations of the different piezometers.

(b) *Test Procedure:*

A total of sixty-four runs were carried out, for different stages of sluice openings. The flow was varied between 13 and 56 lit./sec. The piezometer readings were taken for each run.

Discharges were measured by an orifice meter connected to the main pipe feeding the upstream tank. Air was withdrawn from different piezometer connections before taking the readings.

For all runs the water levels in the downstream channel were higher than the depth of the culvert. Therefore, submerged conditions existed.

REGULATED FLOW THROUGH SUBMERGED PIPE CULVERTS

By

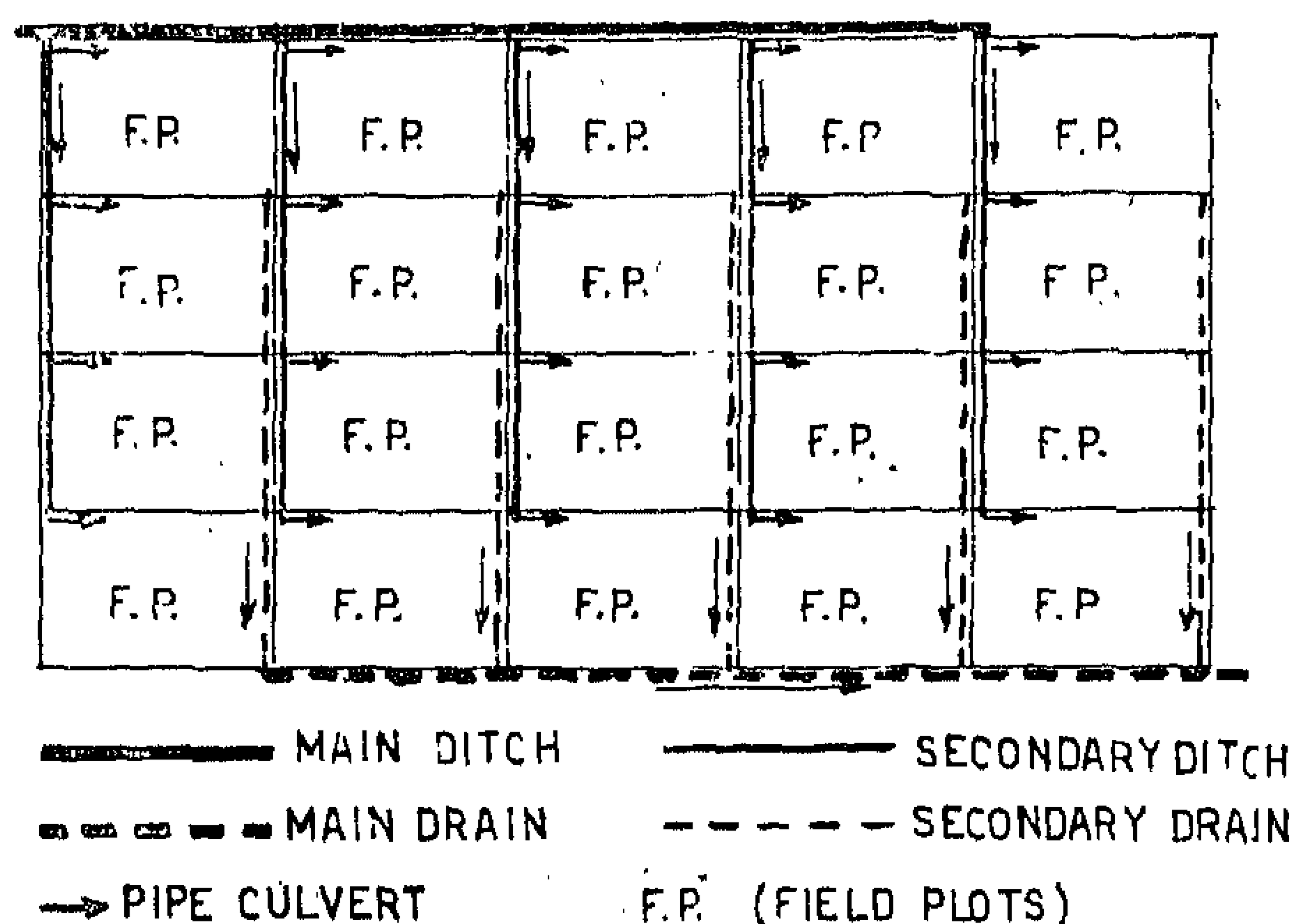
SAAD ZAGHLOUL HAMMAD, Ph.D.
Faculty of Engineering, Cairo University.

I.—Introduction:

The problem treated herein is a generalization of a practical problem dealing with the distribution of irrigation water in to field plots.

In the reclamed farms of U.A.R., the irrigation water is distributed by means of main ditches that serves more than 100 feddans. Secondary ditches takes from the main and feed directly through pipe culverts the field plots.

The farm is divided into small plots varying from 3 to 10 feddans according to topography of the surface and the kind of soil. Figure (1) shows a layout of an irrigation system in a reclamed farm. From the stand point of economy, the usual practice is to use the same secondary ditch for plots of nearly the same elevation.



IRRIGATION SYSTEM IN
A RECLAMED FARM
FIG. - 1 -

Pipe culverts are embedded in the embankments of the secondary ditches. Its lengths vary from 5 to 10 metres.

It is a general practice that the farmer feeds his land by fully open the sluice of his pipe culvert. By this way, low fields get its water in a shorter time than high fields. Therefore, for the same period of feeding the low fields get more irrigation water. It results in not equitable share of water among different fields. The other alternative is to use weirs for distribution. However this method is rather expensive in relatively flat lands, due to the fact that it needs high water level in the irrigation net.

Control of water in the pipe culvert is therefore essential. An upstream gate in the culvert will maintain the safe water duty.

In order to calibrate the culvert under different gate openings, it is necessary to determine the amount of head lost due to partial closure of the gate and to include it in the general equation of flow for fully open culvert.

The characteristics of the flow in the culverts are very complicated because the flow is controlled by many variables, including the inlet geometry, roughness, approach and tailwater conditions. Hence an adequate determination of the flow through a culvert should be made by laboratory or field investigatios.

Experiments have been made in this study to find out the pressure distribution in a model culvert and how it is affected by partial closure of the upstream gate. The

90 % of the research work is done at the production plant. Each plant has its own research centre. The work is, however, co-ordinated by the Swedish Iron and Steel Association in collaboration with the Swedish Iron and Steel Institute.

The following research centres were visited:

—Ore Research Institute, Prague.
—Mnisek Research Institute for Ferrous Technology, near Prague.
—Institute of Ferrous Technology, Gliwice, Poland.
—Institute of Coal Utilization, Zabre, Poland.
—Sandvikens Research Centre, Sweden.
—"MECHANOBR" Ore Research Institute, Leningrad.
—"TSNILCHM" Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow.
—"GIPROMEZ" Central Design Institute, Moscow.

In Romania, where lean ores and poor coking coals prevail, ore preparation and beneficiation as well as coke production from poorly coking coals, occupy the major part of research work.

In Czechoslovakia, research work on beneficiating lean non-magnetic ores is emphasized. Crushing, grinding, magnetic roasting and magnetic separation receive great attention as regards to technology and equipment.

In Poland, special attention is given to coal research. A great deal of work is carried out to investigate coking characteristics of coals and various methods to determine coke properties. Special techniques are developed for the production of metallurgical coke from non-coking coals by double carbonisation.

In Sweden, mining and ore dressing research has been responsible for the exploitation of their Arctic ore reserves. Research work has put into commercial operation such methods as the Wiberg for iron making and the Kaldo converter for steel making. In Domnarvet, some experiments are carried out to use the Kaldo converter for direct production of steel from ore without addition of pig iron. The quantity of carbon necessary for fuel and reduction is charged as coke breeze with ore concentrate to the iron in the converter. The process utilises the combustion of CO with O_2 inside the converter. A great deal of research work, in Sweden, is directed towards metallurgical development. Various investigations are carried out in the fields of vacum melting, non-metallic inclusions, grain refinement, powder metallurgy, etc., for the production of better quality steels and special purpose alloys.

In the USSR, the excellent performance of their blast furnaces is due to the great attention given to research work. Such research has established optimum conditions for burden preparation, fuel and oxygen injection, top pressure and furnace automation. Coke rates as low as 510 kg and a volume utilisation coefficient as high as 2 have been commercially obtained. Further research is carried to reach a coke rate of 300 kg. In the field of steel making, O.H. research has received much attention. This is due to the fact that the bulk of steel in the USSR is produced in O.H. furnaces. It was found necessay to develop the maximum productivity of the existing plants. Through the extensive use of oxygen it has been possible to obtain heat time of 160 minutes in commercial runs. Designers are actively working on developing charging and tapping facilities to cope with the increase in rate of production. Some sort of a steelmaking unit is conceived which combines the flexibility of O.H. and the productivity of L.D. with the utilisation of waste gases.

Direct reduction research is receiving much attention. A semi-pilot plant has been observed in operation for the direct production of steel from ore using natural gas, coal breeze and oxygen. Ore concentrates, together with coal breeze, are charged from the top of a shaft cyclone where preheating and reduction are performed. The reduced fines drop into a horizontal bath connected to the bottom of the shaft. The bath is fired with natural gas with oxygen and lime injection. The system includes various auxiliaries such as recuperators, filters, dust catchers, etc. Steel has been seen while being tapped at intervals from a notch in the bath bottom. The installation is conceived as a prototype for future direct steelmaking.

12 continuous casting installations, for commercial production, now running in the USSR.

The following particulars apply to the Nova-Tula installation :—

—Ladle capacity : 10 ton
—Number of strands : 2
—Casting time : 20-22 minutes.
—Casting speed :—
150 × 150 Blooms : 1.5 m/min
200 × 200 „ 0.8-1.0m/min
150 × 620 Slabs : 0.5-0.7 m/min
—Daily output : 50 ton

The plant is of the semi-underground type with the following elevation levels :—

Mould top	+ 3 m
1st pair of pinch rolls	− 3 m
2nd pair of pinch rolls	− 8 m
Torch flame	−14 m
Horizontal roller table	−19 m
Total height of the machine	22 m.

The mould is pure copper, 15 mm thick which has an oscillating motion of 60 cycles/min. Kerosine is applied on the top of the mould to produce a protective atmosphere and to produce graphite for mould lubrication. The ladle is of the stopper type. The tundish has a 2 ton capacity having a high-alumina nozzle and a graphite stopper. The cooling zone, which is only 6 meters, is considerably short. This is due to the rather low casting speed. It has been, however, observed that, contrary to usual practice, the billet and slab corners are fully sharp and have no rounding. It is stated that this, in effect, accelerates corner cooling, which provides a strong support for the cast section.

The surface quality of the cast sections are extremely good. Some longitudinal and cross sections have been inspected and they showed good segregation and solidification characteristics.

Both killed and rimming steels are cast ; rimming steels being cast at a reduced speed. The molten steel is provided from one 10-ton top blown oxygen converter. Starting is done by a dummy bar, ladle and tundish are preheated to 1000 °C. The cast blooms are transferred from the horizontal roller table (at − 19 m) to ground level by means of a lift.

The economics of continuous casting have been debated with plant managers and engineers. The yield is significantly higher than conventional casting-rolling practice. An increase of 8-15 % in yield is well established. However, to decide for a 100 % teeming by continuous casting requires a thorough study, since this demands a higher level of labour alertness as compared with conventional practice.

The teeming time so far obtained in continuous casting is 50 min., although an optimum time of 30 min is recommended. To get the max. working time for the installation hence max. production per unit, it should be supplied from steelmaking facilities having a short tap-to-tap time, and flexible in their time schedule. In this respect, oxygen converters getting their iron supply from a mixer offer such requirements. To maintain continuous running of the plant, a minimum of two casting units are required to make synchronisation possible. The converter size will decide the ladle capacity. Since the ladle has to be emptied in a limited time, the size of cast section will decide the required number of strands. Although some continuous casting units have 8 strands, an optimum number of 4 strands should not be exceeded. A casting speed of 2 m/min is considered practical and does not require elaborate equipment or strict control. The ladle capacity has a marked effect on the initial cost of the plant.

(F) LABORATORIES AND RESEARCH

The technical progress achieved by the iron and steel industry in the countries visited would not have been obtained without consistent and extensive laboratory and research work. Research is being done at all levels of iron and steel making which includes raw materials utilisation, raw materials mining, coke production, iron ore preparation, iron and steel production, etc.

Except for Sweden, research work is carried out in specialised central institutes run by the State board of metal industries. The work is conducted in perfect collaboration with design institutes and production plants. In Sweden

steels while one slag practice for commercial steels. The following figures have been obtained for furnace preformance :

Av. number of heats/day 4.2
,, power consumption/ton ingot 650-760 KWH.
,, electrode consumption/ton ingot 5-6 Kg.

Most of the furnaces, in particular larger capacity, are equipped with bottom induction stirring. Satisfactory results have been obtained by using this technique. Apart form getting a homogeneous bath, the stirring effect accelerates and improves the reactions between slag and melt. It has been thus possible to increase the depth of bath resulting in increased furnace output. In addition, induction stirring facilitates slag skimming by directing the induction flow towards the operating door. It is of interest to note that similar effects have been incorporated in two early designed furnaces operating in Domnervet. Each furnace is equipped with four electrodes to obtain better heat distribution and quicker reaction in the bath. Recently installed furnaces use, however, induction stirring.

Again, ladle degassing is practiced for melts intended for forging ingots. The ladle is degassed in a vacuum chamber operated by steam ejector.

Concerning furnace lining the following practice is used :

Roof lining : Silica. The life is 90-120 heats.

Wall lining : Either dolomite bricks or steel clad magnesite. Life varies according to steel produced. For carbon steels dolomite gives 100 heats while magnesite gives 200 heats.

Bottom Lining : Either dolomite bricks or rammed dry dolomite +20 % magnesite. Life varies from 100 to 260 for dolomite bricks and up to 500 for rammed bottom.

From economical considerations the tendency is towards the use of dolomite bricks for wall lining instead of steel-clad magnesite. The walls would have, more or less, the some life as for the roof.

An interesting practice, observed in the USSR, is preheating the charge to a dull red heat prior to addition to the furnace. For this purpose the basket containing the charge is placed in a pit furnace, heated from the top. The furnace roof, which contains the fuel burner is of the swinging type. The hot gases pass through the charge and are exhausted to a stack connected to the bottom of the pit. Economy in power consumption, electrode consumption and lining are obtained. This is in addition to the appreciable reduction in melt down time. Besides, this treatment produced a clean and a better charge for the furnace.

(b) *Induction Furnace Practice :*

Mainly coreless-type furnaces are used with capacities up to 10 tons. Power up to 2500 KW is supplied at a frequency ranging from 750 to 600 cycles/sec. Furnace construction allows quick replacement for crucible relining. Rammed magnesite is used for lining ; wall thickness is from 110 to 120 mm. The furnaces are used for quality steel making. The following figures have been obtained for furnace performance :

Av. time per heat 4 hrs
Av. power consumption/ton ingot 720-735 KWH
Av. crucible lining life 50-60 heats

The furnaces are cold charged. Extreme care in exercised in preparing the charge. Specially prepared ingots of 0.05 % C together with ferro-alloys are used for charging. These ingots are prepared in electric arc furnaces.

Vacuum casting is practiced for certain alloys. The ingot mould is clamped to furnace crucible and connected to a vacuum pump. Melting and pouring proceed under vacuum. Pouring is effected by subsequent tilting of the crucible-mould assembly.

(E) CONTINUOUS CASTING :

During the course of the tour, only one continuous casting installation, namely Nova-Tula (USSR) was observed in operation. This plant is, in effect, a semi-commercial unit which is run by the central Research Institute of Ferrous Metallurgy, Moscow. The plant is in operation since 1953. The results obtained from the plant performance served to design

Due to the fact that the P content in Swedish ores is not high enough for the Thomas process, converter slag is charged back into the B.F. to get the desired P content in the pig-iron. This also makes the slag to have a higher P_2O_5 which brings a good market price as fertiliser.

The blown air is enriched with 30-32% oxygen. This makes the nitrogen content in the produced steel drop to a safe range of a max. of 0.006 %. The arrangements required for blast enrichment are rather simple and easy to install.

A considerable tonnage of the blown metal (up to 60 %) is transferred to 100 ton electric furnaces (duplex method) for the production of electric steels.

The average life for bottom with oxygen enrichment, is 60 blows, while the lining average life is about 300 blows. The lining, which is tardolomite, is either pressed blocks or rammed in situ.

(b) *Kaldo Converter :*

The well know 30 Ton Domarvet Kaldo converter was examined in actual production, during one complete heat, using high-phosphorous iron. The performance of the converter and details of the process were discussed—in full—with Mr. F. Johansson.

For detailed information of the process, reference should be made to the published extensive litterature on the subject.

The converter has undergone further developments and is definitely gaining firmer grounds. Apart from better heat economy and great flexibility, in comparison with ordinary top blown converters, easy control of the process is effected through adjusting the vessel rotational speeds and the swinging motion of the oxygen lance.

Tap-to-tap time was 80 minutes and actual blowing time time was 50 minutes ; oxygen consumption 55 Nm^3/ton steel.

Magnesite lining has been tried in place of dolomite without success. The present practice uses tardolomite and the lining life is now 90 heats. An extra, relined vessel is kept in reserve and about 90 min. are spent for changing vessels. The vessel relining takes an average of 60 hrs.

The combustion of CO inside the converter was thoroughly examined and an average 75 % of the generated CO was burnt inside the converter, when cooling with pellets.

Steel quality is excellent, having good deep-drawing qualities, a high impact-ductility and good weldability. Silicon steels are successfully produced. Alloy steels are possible to produce using low-phosphorus iron.

The converter, nevertheless, suffers from the rather cumbersome mechanical parts. Although the wear in bearings, supporting wheels, etc. is negligible, the mechanical parts represent a large portion of the initial cost and a time loss for vessel changing.

3.—*Electric Furnaces :*

At present, about 50 % of the steel production in Sweden is made in electric furnaces. This is not confined to high quality steels, but includes about 25 % of the total production of commercial quality steeles. However, with the constantly increasing cost of electric power, the general tendency in Sweden is to confine electric steel making to high quality steels, and to produce commercial qualities in oxygen converters, in particular by the Kadlo process, supplied from low coke rate blast furnace. By 1970 the percentage of electric steel is expected to represent 34 % of the total steel production, while oxygen converter steels will increase to 32 %.

The amount of electric steel produced in the USSR is less than 10 % of the total production.

(a) *Electric Arc Furnace Practice :*

The furnaces are generally of the swinging-roof type, some are of the gantry type, basket charged, having electrohydraulic regulation for electrodes. The e capacity varies from 10 to 100 tons, the larger furnaces being used for refining liquid charges from converters. For cold charges, selected scrap and sponge iron produced by direct reduction methods (Wiberg) are used. In some plants oxygen lancing is practiced for decarburising ordinary steels, while in other plants pellets of concentrated ore are used for the same purpose. Two slag practice is used for quality

contributes greatly to the high productivity of the plant.

Large furnaces are tapped through bi-furcated launders and in some cases heats are split to two ladles by cascading. Tilting furnaces are used for the same purpose where crane capacity does not allow tapping the whole heat to single ladle. It usually takes a longer time to make all the refractory work for a launder of the bi-furcated type, which sometimes interfere with the tap-to-tap time.

The furnaces are generally overcharged, bath depth is increased by banking up the doors to a higher level. Efficient flushing system is used; in some cases both front and back flushing were resorted to. Tap-to-tap time is 6-8 hours for smaller furnaces and 9-10 hours for larger furnaces.

Various fuels are used, namely, oil, oil and natural gas, oil and mixed gas and producer gas. The highest production rates have been achieved with oil firing. It is agreed upon that lean mixed fuels cannot lead to high productivity without the use of oxygen. The thermal input per ton ingot varies from 0.8×10^6 to 1.5×10^6 Kcal.

The trend in most plants is towards the increased use of oxygen both for blast enrichment and for bath lancing. At Zaporozhatal (USSR), two lancing probes through the roof were in operation. They are used for a short period for elimination of carbon from the bath in low carbon heats. Maximum utilisation of roof oxygen probes is restricted by both the charging and tapping facilities employed in O.H. practice. In the same plant trials over short period, under close supervision, have obtained heat times as low as 2 hrs and 45 minutes. This proved the necessity of developing the auxiliary facilities to cope with such a high rate of production, in particular, for charging cold-stock and hot metal and fixing the bi-furcated launders. This should be expected for the O.H., which has a less dynamic nature, as regards productivity, when compared with oxygen convertors. It should be mentioned that although for large scale expansion, or new plants, oxygen converters are being considered, existing O.H. installations are, nevertheless, working hard to modify furnace design and practice to get the maximum productivity of O.H.

As regards to steel quality, it has been observed that killed steels are preferred for products requiring exacting properties. This is due to the fact that killed steel ingots give definite known rejections and are more or less guaranteed. Although semi-killed ingots have a better yield, yet a great deal of experience and control are required to obtain best yields. The general practice for pouring is that rimming steels are bottom poured while Killed Steels are top poured.

2.—*Converters :*

Four converter plants have been visited, namely :—

1. Kremikovtzi, Bulgaria, where three 100 ton top blown oxygen converters for the production of 1 million ton/yr, are of under erection. The entire project is designed by Gipromez.
2. Norrbotten, Sweden, where three 25 ton Thomas converters were observed in operation.
3. Domnarvet, Sweden, where four 28 ton Thomas converters and one 30 ton Kaldo converter were observed in oparation.
4. Nova-Tula, USSR, where one experimental 10 ton top blown oxygen converter is tried. Unfortunately, this converter was not in operation at the time of the visit.

(a) *Thomas Converters :*

The following particulars apply to Thomas practice observed in Sweden.

Pig iron is supplied from conventional blast furnaces with the following analysis: C=3.6 %, Si=0.3—0.4 %, S=0.06 - 0.07 %, P=1.7-1.8 % and Mn=0.7-0.8 %.

or leakage of CO. The entire system is pressurized and equipped with various water seals, gas traps, etc. Few workers are allowed inside the plant ; they are well trained and instructed against any possible danger. The operation of the plant is automatically controlled from a remote control-room. The reduced pellets are discharged into sealed containers, where they are stored till they cool down. This is to avoid any possible oxidation for the hot active sponge iron pellets. This represents, to a great extent, a serious handling problem which limits the production capacity of such plants.

The plant is stopped for repairs for one month every year. Starting is done by flushing the entire system with nitrogen. It takes one week to bring the system into normal production.

(D) STEELMAKING PROCESSES

1.—*Open Hearth.*

Except for Sweden, the open hearth dominates as a steelmaking unit in all the visited plants. Furnace capacities ranging from 50 to 500 tons were observed in operation. Most of the larger capacity furnaces are of the tilting type. The furnaces are of the all-basic construction.

The roofs are all of the arch type and are partially suspended. At the beginning the weight of the roof is carried by the arch. Suspension takes over when the roof gets thin and the strength of arch diminishes. No flat suspended roofs were observed in operation. Various methods of suspension are adopted. In some roofs each brick is individually suspended by a piece of wire to the top structure, in others only the rib bricks are suspended leaving the valley bricks unsuspended. In some roofs, four or five bricks are joined by pins through holes in the bricks. Every fifth brick is suspended by bending an extended cladding steel sheet over an angle—beam running lengthwise on the roof top. The latter system takes a shorter time to install and is extensively used with great success. The roof life is comparable to the average good practice, i.e. 400 to 600 heats.

There is some sort of common practice adopted for bottom repairs. After the bottom is cleaned of all metal and slag by using compressed air (or oxygen) a single layer of magnesite powder is spread over the bottom, using a fettling machine, to the final contours with allowance for shrinkage.

The hearth is kept at a temp. of 1700°C for few hours and then mill-scale is spread all over to allow some liquid to accumulate which is drained out before charging. A salient feature which has contributed to improved bottom performance is the charging of iron ore as a protective layer on the hearth bottom prior to charging. Dolomite is used for routine fettling of banks only.

Hearth maintenance is conducted in the following manner. About 6 hours are allowed every 10 or 15 days for resurfacing. No extra time is taken except some 30 to 45 minutes every tap, for draining and minor fettling. The major part of fettling is done either before the furnace is tapped or during tapping.

A schedule is made for rebuilding the furnace which is adhered to even at the cost of some life left in the refractories. This is done to avoid rebuilding more than one furnace at a time. Generally the mid-campaign repair is done after 250 to 300 heats and the final rebuilding after an extra 250 heats ; the whole campaign totalling 500 to 550 heats.

Wide variations in charge composition have been observed. Pig iron (either cold or hot) is added from 30 to 75 % of the charge. To facilitate cold-stock charging in the larger furnaces, two ground-type machines are used simultaneously. Both front and back-wall hot metal charging is practiced. Charging machines of both the ground and the overhead type are in use. Generally, charging machines, hot metal cranes and teaming facilities were amply provided almost to the extent of double the requirements in quantity. This

fines (6-12 mm) and small coke (15-40 mm) which cannot be charged in their blast furnace and to supply gas for heating purposes. It should be mentioned that the modern blast furnace is no more an adequate gas producer.

3.—*Direct Reduction Processes :*

The scarcity of coking coals and availability of unlimited reserves of iron ore have stimulated the development of direct reduction processes. The growing interest in this field has led to unlimited number of processes which are in different stages of development. During the course of the tour only two processes, namely the Krupp-Renn and the Wiberg-Soderfors, were observed in commercial operation. Bearing in mind that the blast furnace, in its developed state, constitutes without exception, the fundamental means for iron production, the practical use of direct reduction methods are so far limited to the following :

(a) Concentrating high silica low grade iron ores by producing a product rich in metallic iron, using low quality coals.

(b) Production of uncontaminated pure metallic iron from rich concentrates as a substitute for good quality scrap required for electric furnaces.

The Krupp-Renn plant at Ejpovice, Czechoslovakia, has a production capacity of 250,000 tons of luppen per year. The ore used has the following analysis: Fe 24-30 %, SiO_2 30 %, Al_2O_3 15 %, CaO 5 %. Ore is crushed to −3 mm, coal and coke are crushed to −20 mm, and limestone is crushed to −3 mm. The raw materials are thoroughly mixed to a basicity of 0.2 to 0.22. Ten kilns 3,60 m outside diameter and 60 m length are used for reduction. The material is discharged from the kilns in the form of pasty lumps consisting of metallic iron and slag, which is quenched crushed and subjected to magnetic separation. The iron luppens have an average Fe 88 %, C 0.8-1.0 %, with S 1.5 %. Due to their high sulpher content, the luppen are not suitable for direct steel making. Sizes above 10 mm are charged to the blast furnace, while smaller sizes are sent to the sintering plant.

The process suffers from frequent shut-offs during production. This is due to the formation of solid rings at the boundary of the reduction-nodulizing zones and the severe attack to which the refractories at the noduling zone is subjected. Out of the installed ten kilns, usually 6 to 7 kilns are in operation while the rest of the kilns undergo maintenance.

Another direct reduction plant which has been examined during the course of the tour, is the sponge iron plant in Sandviken. Manufacture of sponge iron is performed according to the Wiberg-Soderfros process. The plant has been in continuous operation since 1952 and has a production capacity of 24,000 ton per year. The plant comprises a reduction shaft furnacee, two coke carburettors and a sulpher filter, together with fans and blowers for gas circulation through the system. Pellets 30 to 40 mm diameter, made from fine concerates, 66.5 to 67 % Fe, 0.006 % P, 3.2 % SiO_2 are charged to the top of the furnace. At the lower part of the furnace the reducing gas enters the shaft and during ascending it meets the descending pellets and reduces them to metallic iron ; the reduction is about 93.3 %. The product competes favourably, in price, with good quality uncontaminated steel scrap. The following consumption figures have been obtained :

Power consumption/ton sponge iron	950 Kwh
Coke consumption/ton sponge iron	140 kg
Natural gas/ton sponge iron	70 kg
Dolomite (raw)/ton sponge iron	67 kg
Electrode consumption/ton sponge iron	1.3 kg

Absolute care and precaution are practiced during plant operation, against explosion or CO poisoning. Charging and discharging is done without any possible introduction of O_2.

All newly built furnaces are operated with high top pressure up to 2 atm. (USSR). This has contributed to reduced coke rates and increased furnace production. The furnace top is equipped with an electrically controlled throttling system. A three-bell system has been developed to cope with high top-pressure conditions, mainly abrasion of bell seats. Uniformity of charge distribution in the furnace is emphasized.

Under such conditions of maximum furnace utilisation, high blast rates and temperature have become necessary. Blast temperature of the order of 1200°C were observed in some plants. Carbon blocks are used for hearth and bottom lining. Bottom cooling is practiced in large furnaces. Air is used as a cooling medium ; while some experiments are carried out using water cooling for bottom.

The application of modern control techniques has made possible the automation of furnace performance. All temperatures and pressures are automatically controlled and recorded. The use of radioactive isotopes is a common practice for indicating wear in furnace lining. It has been observed in newly built plants that only two operators are supervising the furnace performance. The tendency in furnace design is towards higher capacities. A 2000 m^3 furnace has been observed in operation (Nova-Tula) while a project for a 2700 m^3 furnace is in the design stage (Gipromez). Some typical perfromance figures for some of the examined blast furnaces are given in Table (3).

2.—*Electrice Pig iron Furnace :*

Two furnaces of the Tysland-Hole type were observed in production at Norrbottens, Sweden. Each furnaces is 13,000 KvA and use 3 electrodes, 1050 mm diameter, of the Soderberg self-baking type. Relevant data obtained for this plant is as follows :—

Average annual production per furnace	30,000 ton
Average daily production per furnace	100 ton
Inside hearth diameter	7800 mm
Distance from hearth bottom to skew-back	3500 mm
Electric power consumption per ton pig iron	2300 Kwh
Tap to tap time	5 hrs

Consumption of raw materials per ton pig iron :

Ground fire clay brick	40 kg
Steel scrap	14 kg
Sinter 6 to 12 mm, 58% Fe (self-fluxing)	1450 kg
Coke breeze	230 kg
Small coke 15 to 40 mm	170 kg
Average Fe in burden	55%
Average electrode consumption	26 kg/ton
Slag volume	425 kg/ton

Pig iron analysis : Si 0.6 %, Mn 0.8-1.0 %, S 0.030-0.050 %, P 1.6-1.7 %.

Slag analysis : Ca O 38-42 %, Si O_2 32-36 %, Al_2O_3 11-13 %, MgO 7-8 %.

The generated gas in cleaned in dust catchers, then scrubbed and mixed with blast furnace gas for use in heating purposes in the works. The gas has a calorific value of 2300 kcal/Nm^3 ; 500 Nm^3 are generated for each ton of pig iron, having the following analysis : CO 70 %, CO_2 14 %, H_2 7.7 % and N_2 8.3 %.

These furnaces were first tapped in 1943. The plant was part of a project conceived during wartime by the State to supply the country with commercial quality steels which were imported before the war. Planning considered minimum imports of coke. Further expansion in ironmaking has decided, however, for blast furnace. The general opinion is that the electric pig-iron furnace is not in a position to compete with a modern blast furnace, making iron with less than 600 kg coke-rate. The electric furnaces in Norbottens, serve at present, two main purposes which contribute to the overall economy of the entire works, namely, utilisation of sinter

TABLE (3)—*BLAST FURNACE PERFORMANCE*

Plant	Working Volume m^3	ton Production per day	Util. Coef. of Vol.	% Sinter	% Fe in Sinter	Blast temp. C	Coke rate Kg	Slag Volume Kg	Top Press. Atm.	REMARKS
Rechitsa	700	800	1.15	50 %	46	850	860	1000	0.3	N. Gas 80 Nm^3/ton P.I.
Hounedoira	700	860	1.23	90 %	48	860	750	900	0.2	N. Gas 95 Nm^3/ton P.I.
Pernick	250	320	1.39	90 %	47	750	850	850	0.7	No fuel injection.
Trinec	1033	1380	1.33	70 %	46	900	750	950	0.8	Oil injec. 50 Kg/ton P.I.
K. Cottwald	1080	1250	1.16	60 %	48	820	870	800	0.8	Oil injec. 30 Kg/ton P.I. Steam 75 Kg/ton P.I.
H. Lenina	1719	2100	1.22	85 %	44	950	760	700	1.2	No fuel injection.
H. Kosciusko	769	870	1.13	70 %	46	775	930	980	0.4	Steam 70 Kg/ton P.I.
H. Beiruta	863	980	1.14	80 %	45	750	835	1100	0.35	No fuel injection.
Surahammer	95	135	1.43	100 %	58	450	650	400	0.15	Iron desulpherised in a rotary drum with lime.
Norbotten	840	1100	1.28	100 %	56	920	560	350	0.3	Min-sinter size+20 mm.
Domnarvet	250	400	1.6	100 %	58	900	600	400	0.2	Phosphoric Sinter.
Oxelosund	723	1300	1.8	100 %	60	950	560	400	0.2	Oxygen injection.
Zaporozhstal	1513	2300	1.52	100 %	48	1100	570	800	1.6	N. Gas injection 75 Nm^3/ton P.I. Oxygen 20 Nm^3/ton. Sinter basicity 1.12
,,	1300	1920	1.48	100 %	48					
,,	1300	1900	1.46	100 %	48					
,,	1386	2080	1.50	100 %	48					
Rustavi	750	1100	1.46	80 %	48	950	640	700	0.4	N. Gas 90 Nm^3/ton. Sinter Basicity 1.6.
Nova-Tula	2000	3400	1.79	100 %	52	1200	580	700	2	N. Gas 100 Nm^3/ton. Sinter Basicity 1.3.

stampers pack the coal charge in the mould into a cake having a density of about 1000 kg/m³. This bulk density is 25 % higher than the usually obtained in conventional top-charging; which is about 800 kg/m³. The stamping operation lasts about 20 minutes; the cake is then side charged to the carbonising chamber using the pusher. Despite the high initial cost for equipment, as compared with top-charging process, the stamping process is considered to be essential for successful results.

Semi-coke production has been observed in Romania and Poland. The idea is to produce a low V.M. coal by low temperature carbonisation, of 500 to 700°C. The produced semi-coke is either added in a proportion of up to 10 % to the coal mix, or subjected to briquetting four double carbonisation. Briquetting is carried out at a pressure of 300 to 400 atm., using tar as a binder. The briquettes are finally hardened at 200 to 300°C in an oxygen-enriched atmosphere. These briquettes have good strength, and have been quite successful in cupolas and as part of blast furnace coke charge. They are not, however, suited to replace the entire coke charge in the furnace.

As regards to oven design, the ovens in Romania and Bulgaria are of the Giprocok design incorporating the gas recirculating feature, while those in Poland, Czechoslovakia are of the Otto, Koppers and Giprocok design. Most of the ovens have a width of 45 cm.

(C) IRONMAKING PROCESSES

1.—*Blast Furnace:*

A fundamental practice observed in the visited plants is the extreme care exercised in the preparation of blast furnace charge, which is reflected favourably in low coke rates and maximum utilisation of furnace volume.

Extensive use of well prepared self-fluxing sinter is practiced. The minimum size of charged sinter is 12 mm. The use of sinter having basicity of 1.4 to 1.6 prevails. Such super-fluxing sinter provides complete calcination and eliminates solution losses which results in high reducibility. With the use of 100 % super-fluxing sinter, furnace charging practice has undergone a fundamental change. There is only one single prepared burden. The blast furnace plant has become an integral part with the sintering plant in such a manner that the furnace can be directly charged from the sintering plant, using belt-conveyors instead of conventional skip hoists and scale car. Such method of charging has been observed in two plants; making use of the small relative difference in levels betweeen the discharge end of the sintering plant and the furnace top. The furnace top has been modified to cope with the new charging technique.

Coke is handled with great care; mostly by belt-conveyors. It is screened to +40 mm prior to charging in the furnace. Generally the coke used has an ash content of 11 % to 14 % and a Micum index of M40 : 70 % and M10 : 10 %.

Fuel injection is widely practiced in most of the visited plants, except in Sweden. Natural gas is used in Romania and the USSR, being available in abundance. The average gas consumption per ton pig iron is around 80 Nm³. The saving in coke is of the order of 1.2 kg/1 Nm³ gas. Oil injection is used in Czechoslovakia at the rate of 30 to 50 kg/ton pig iron. Coke saving is of the order of 2 kg coke1 kg oil.

Oxygen injection has been observed in operation. The furnace blast is enriched with oxygen by 3 to 4 %. An average oxygen consumption of 20 Nm³ per ton pig iron was observed in the USSR. The results obtained indicate that 1 % oxygen would give an increase of 3 % in furnace production.

Humidity control, by means of automatically controlled steam injection in the blast is practiced in some plants in Poland and Czechoslovakia. It is used to provide uniform operating conditions which allows better control for furnace performance.

strong, the concentrates must be ground to a specific surface of 1800 cm^2 per gram, and mixed with lime of -0.1 mm size. There are still certain limitations to produce pellets having sufficient basicity to desulpherise pig iron, when using coke having a high sulpher content. The general opinion held among research workers and plant operators, concerning the use of pellets for blast furnace burden may be summed up as follows :—

1.—The uniformity in shape and size for pellets provides the most efficient conditions for blast furnace performance.

2.—Pellets could be transported and stored with minimum handling losses.

3.—Self-fluxing sinter having average Fe content, gives better furnace performance than non-fluxing pellets having a high Fe content.

4.—The limiting factors for producing self-fluxing pellets are purely economical. The use of these pellets in blast furnace requires coke having very low sulpher and ash content.

5.—Recent development in sintering practice, such as multi-layer sintering, pre-pelletising of fine concentrates and increase of band speed, have increased the production efficiency and capacity of sintering installations. The use of self-fluxing sinter in blast furnace does not impose severe restrictions on coke quality.

(B) COAL AND COKE

One of the main fields covered by the tour was the observation and investigation of processes being used towards the maximum utilisation of poorly coking coals for the production of blast furnace coke. In greater or lesser degree, the lack of good coking coals is a problem affecting many countries. In effect, out of the six visited countries, only two can be said to have rich reserves of good coking coals ; namely Czechoslovakia and the USSR. Poland, while possessing extensive coal reserves and and a flourishing coal mining industry, has to resort to import some coals for blending purposes. Bulgaria and Romania lack good coking coal, Sweden, on the other hand, has no coal. All Swedish plants import coke, except one plant is Oxelosund where a blend is made of imported coals.

The conditions just mentioned, have stimulated a great deal of research towards trying to obtain suitable coke from poorly coking coals and even from non-coking coals. The processes and methods to achieve the maximum utilisation of available poor coals, which have been observed during the tour, include blending, increase of bulk density by adopting the "stamping" technique, addition of semi-coke to the coal charge and double carbonisation.

Coal blending is a common practice in all plants visited. Polish practice prescribes the use of up to nine different types of coals, domestic and imported, with a wide volatile matter content ; from 15 to 35 %. A similar practice was found in Romania where the blend contained seven types of coals. In Czechoslovakia, the "sharpening" technique of blending is advocated. This method consists in blending coals of extremely opposite volatile characteristics. In general, the average V.M. content of the coal blends was found to be 28 to 30 % (dry basis) and the coke "Micum" indices were M40=60—72 % and M10=8-10 %.

In the USSR, with rich resources of good coking coals, the conventional top-charging process is followed. With the exception of the USSR and Sweden, all the visited plants employ the "stamping" process for treating their weakly coking coals blends. The "stamping" process essentially consists in introducing the coal charge from the pusher side of the coke oven in a cake form. For this purpose, the regular pusher machine has an additional section designed for bins which drop the required quantity of finely ground coal, 90 % -3 mm, into a mould similar in section and length to the coke oven carbonising chamber. A set of mechanically operateed

Extreme care is taken in the preparation of charge for sintering. The ore is stored in open yards where it is blended to obtain a physically and chemically homogeneous material. The ore is normally crushed to −3 mm. Coarser ores −12 mm are, however, used in some plants while the trend in modern plants is to use 1 to 1.5 mm. The crushed ore is transported to storage bunkers from which it is fed to belt conveyers. Blast furnace dust together with sinter returns are also added. The quantity of feed is carefully controlled by special metering devices operated by photo-cells. Coke or coke-breeze is crushed to −3 mm and stroed in bins. In some plants, part of the required coke is replaced by anthracite coal up to 30 %. The amount of added coke varies with the charge composition; a typical value of 80 to 90 kg/ton was observed. Limestone is crushed to −3 mm. In some plants, 1 to 2 % burned limestone is added which gives better bond strength and minimises sinter returns. The quantity of limestone required for the charge depends upon ore and coke composition. The basicity varied from 0.9 to 1.3 and in some plants it reaches 1.6. The general trend is towards higher basicity in sinter.

In an attempt to improve sinter quality, multi-layer sintering has been developed. The upper layers have a higher coke content than the lower layers. This results in better sinter quality and fuel economy. In addition the production rate per unit area has been increased to 65 % and the percentage of returns has been greatly reduced.

Small size sinter, −10 to −12 mm, is not proper to use in the blast furnace. It is returned to storage bunkers and added to the sintering charge. The percentage of these returns ranges from 25 to 35 %. Much work is carried out to minimise the percentage of returns.

Research institutes in cooperation with steel plants are constantly working to attain improved technology and better economy. Research work in charge preparation has produced noticeable improvement in the quality of sinter as regards reduceability, bulk density and crushing strength. To minimise the high rate of wear for the sintering band links, high chrome iron, 17 % Cr, is used which resulted in life increase for the band by 7 to 8 times. Worn out elements are melted for the manufacture of new elements with a metal circulation loss of 15 %. Great efforts are done to overcome dust arising from moving conveyors, which represents a great source of danger for plant operators.

There is some sort of common practice adopted for maintenance work. The plant is shut off for 12 hours fortnightly for repairs and replacements of worn-out parts. Once every year the plant is shut off for 10 days for complete overhaul.

Storage of sinter is practiced in some plants, for a maximum period of two weeks. Stored sinter suffers rom fines arising from handling. The situation becomes more difficult with increased sinter basicity.

Fine concentrates, −0.07 mm, obtained from wet magnetic separation, are not suitable to charge on sintering bands. Such fines are agglomerated by pelletising. Interest in pelletising has been stimulated by the constantly increasing production of these fine concentrates resulting from beneficiating difficult domestic ores.

Two pelletising plants were visited in Sweden which produce non-fluxing pellets from magnetite concentrates having 67 to 70 % Fe. The pellets are 30 to 40 mm diameter. Pelletising is carried out in two cylindrical drums in series. Binding material is either iron sulphate or calcium chloride up to 1 %. The pellets are roasted in oil-fired shaft furnaces. The production capacity of each line is relatively low; in the order of 10 ton/hour. The produced pellets are used in direct reduction plants (Wiberg) for the production of sponge iron and for cooling purposes in converters and electric furnaces. The pellets are not charged in blast furnaces.

Much work is done to develop self-fluxing pellets. If such pellets are to be sufficiently

TABLE (2)—*SINTERING PLANTS.*

Plant	Capacity	Equipment	Raw Materials: % Fe In Ore	% Coke	% Limestone	Basicity	REMARKS
Rechitsa	2500 Tons/day	75 m^2 sintering	—	7-8	30-35	1.1	Lime, Coke and ore — 3 mm.
Hounedoira	1 Million ton/yr	2 bands — 50 m^2 each. Width of bands 2 m, speed 2 m/min, Suction Fan Capacity 3500 $m/^2$ min.	56	8-9	20	0.9-1.1	Ore size −5 mm return fines = 35 % 48 % Fe in sinter.
Lenin Works	1.2 ton/m^2/hour	1 band 50 m^2, Suction 800 mm w.c.	58	—	9-10	1.0	Fuel = 70 % Coke and 30 % Anthracite Coke and Limestone 3 mm size −12 mm Return Fines = 30 %, 47 % Fe in Sinter.
Kremikovzki	—	2 bands 75 m^2 each.	48	—	—	—	Recovery of Lead from fumes. Under construction.
Trinec	2200-2500 tons/day/ band	2 bands 75 m^2 each 2.2 m wide	50-52	7-9	18-20	1.0	Sinter 46 % Fe return fines = 25 % of +10 mm. Limestone bedding on band.
Klement Gottwald	6800 tons/day	3 bands 75 m^2 each	50	5-6	18-20	1.0	No Cooling 48 % Fe in Sinter.
Huta Lenina	—	6 bands 60 m^2	—	—	12	1.0	Krivoy Rog Ore. 46 % Fe in Sinter.
Huta Bieruta	1 million tons/yr.	2 bands 50 m^2	—	—	—	1.1	45-46 % Fe in sinter.
Surahammar	80,000 tons/yr.	Pan type	63	4	20	1.3	58 % Fe in sinter 2 operators only in plant.
Norbotten	700,000 tons/yr.	10 pans-10 tons each.	57-65	4	—	1.2-1.3	25 min. sintering time. 55-59 % in sintr. +18 mm sinter to blast furnace, 6-18 mm to electric pig iron, −6 mm returned. 25 30 % return.
Domnarvet	1,000,000 tons/yr.	Pan type	62-65	—	—	Self Fluxing	60 % Fe in sinter.
Zaporanzhstal	16,000 tons/day 5.2 million tons/yr.	6 bands-62,5 m^2 Suction 1000 - 1100 mm w.c.	52-62	7-8	23-6	1.12	47 % Fe in sinter Conveyor speed = 3-3.5 m/sec. Plant remodelled to increase output from 9,000 to 16,500 t/day by increasing band area from 50 to 62.5 m^2. Burnt lime added.
Tbilisi	940,000 tons/yr.	2 bands 50 m^2, band speed = 3 m/min Suction = 800-1000 mm w.c.	52-56	—	—	1.5-1.6	48 % Fe in sinter Return fines 25 %.

III — GENERAL FINDINGS

(A) ORE PREPARATION

1.—*Beneficiation :*

The trend observed in all the visited countries was towards massive capital investment for beneficiating domestic ores. The average Fe content in these ores varies from 63 % to as low as 26 %. A great deal of research work is carried out to develop the most economical methods for concentrating each type of ore.

The purpose of ore beneficiation is not only to increase the Fe content in the ore but also to decrease the silica content. In countries having fairly lean ores, the latter has been responsible for the excellent performance of their blast furnaces. During B.F. production runs, for the last 5 years, it has been established that a decrease of 1 % silica in burden, with a corresponding increase in Fe, cuts down the coke consumption by 1 to 2 %. While this increase the cost of one ton ore by 1 to 5 %, it lowers the production cost of one ton pig iron by 8 to 12 %. Meanwhile, for rich ores, an increase of 1 % Fe content over 65 % reduces coke consumption by 3 % and increases furnace production by 3 %. This has made ore beneficiation to be a necessity. It is almost agreed upon that optimum beneficiation for average ores should aim at the production of concenrtates having not less than 60 % Fe and 5-8 % silica, with variation in content less than ±1 %. Such conditions are possible to achieve by applying modern techniques.

Several plants treating various types of ores have been examined. The methods used for one dressing and concentration varied according to ore characteristics. Generally the ore is crushed in several stages depeending on its microscopic structure and subjected to various treatments such as hand picking, gravity separation, magnetic separation, magnetic roasting, floatation, filtration, etc.

It has been observed that much attention has been given to concentrating weak magnetic ores. High intensity wet magnetic separation has been developed but is still limited by its low production rate up to 5 ton/hour. Magnetic roasting in rotary kilns, shaft furnaces and fluidised beds is adopted for large scale production. Very recently, some new floatation techniques have been put into operation, with very good results, for concentrating weak magnetic ores on a large production scale.

Great efforts are being made to improve equipment performance and production capacity. The general trend is towards automation for various phases of production. A typical example is Malmerget plant, in Sweden, which is a fully automated installation. With the application of modern control techniques, variations in production quality are maintained within very narrow limits.

2.—*Agglomeration :*

The highest production rates and most economical results were observed when charging agglomerates instead of lump ore. All the visited plants use sinter in the blast furnace burden in varying proportions and most of them are working towards a 100 ± sinter by expanding their existing sintering installation. It has been observed that sintering is not confined to fines of concentrated lean ores but rich lump ores are also crushed and then sintered. Apart from higher productivity and lower coke rates, the use of 100 % self-fluxing sinter results in simplified charging.

Typical characteristics of the sintering plants, which have been visited, are given in Table (2). Two types of sintering equipment were observed in operation, namely the continuous moving band type and the pan type. The former is used for higher production outputs. The area of the sintering band varies from 50 to 75 m^2. It has been stated that, in the USSR, bands of 200 to 250 m^2 are in operation. Band capacity has been increased to 1.5 $ton/m^2/hour$.

TABLE (1) *Cont.*

Plant	Products	Ingot Production ton/year	Iron Production ton/year	Ironmaking Facilities	Steelmaking Facilities	Staff
Huta Bieruta (Poland)	Coke and by-products Foundry iron. Medium and light sections. Seamless.	650,000	660,000	2 B.F. 863 m^3 each	8 O.H. 6×80, 3×60 ton.	8,000
Surahammer (Sweden)	Transformer sheets. Railtrack rolling stock. Permanent magnets.	45,000	130,000	1 B.F. 95 m^3.	1 Basic O.H. 35 ton 1 Acid O.H. 28 ton 3 E.F. 1×25, 1×20 & 1×5 ton. 1 Induction furnace 8 ton.	1,500
Norrbotten (Sweden)	Blooms, billets, heavy and medium sections of plain carbon steels.	450,000	420,000	1 B.F. 840 m^3. 3 Tysland - Hole electric Pig-iron furnaces 25 tons each.	3 Thomas converters 25 ton each. 5 E. Furnaces for duplexing.	2,600
Sandviken (Sweden)	Seamless tubes, cold rolled strips and Wires of alloy steels. Carbide tips, rock drills, etc.	24,000	125,000	1 Wiberg-Soderfors sponge-iron plant.	1 Acad O.H. 50 ton 3 E.F. 16, 32 & 14 ton 2 Induction furnaces 6 and 9 ton.	8,000
Domnarvet (Sweden)	Heavy, medium and light sections. Plates, sheets and wires of commercial steels.	620,000	860,000	4 B.F. 3×250 m^3 and 1×285 m^3. 2 Tysland-Hole furnaces 25 ton each.	4 Thomas converters 28 ton each. 1 Kaldo converter 30 ton. 5 Electric furnaces 2×35 and 2×100 ton.	4,400
Zaporozhstal (USSR)	Sheets, cold formed profiles.	3,000,000	3,200,000	5 B.F. 2×1513 m^3 2×1300 m^3 & 1×1386 m^3	12 O.H., capacity 250 to 500 ton.	20,000
Rustavi (Tblisi, USSR Nova-Tula (USSR)	Seamless pipes. Plates and yires. Research plant. Pig iron. Blooms of continuously cast steel.	650,000	800,000	2 B.F., 750 m^3 each. 3 B.F. 1×930 m^3 1×1386 m^3 & 1×300 m^3	8 O.H. 150 ton each. 1 O.H. 10 ton 1 E.F. 3 ton. 1 Oxygen converter 10 1 Continuous casting machine.	12,000

TABLE (1)—*VISITED PLANTS.*

Plant	Products	ton/year Production Iron	Ingot Production ton/year	Ironmaking Facilities	Steelmaking Facilities	Staff
Rechitsa (Romania)	Plates, Medium and heavy section, foundry iron	600,000	550,000	2 B.F. 700 m^3 each.	5 O.H. 3×125, 2×180 ton.	9,000
Hounedoira (Romania)	Coke and by-products Heavy, medium and light sections.	950,000	1,500,000	6 B.F. 3×214 m^3 1×300m^3, 1×450 m^3 and 1×700 m^3.	7 O.H. 3×200, 1×350 & 3×400 ton. 2 E.F. 20 ton each.	18,000
Pernik (Bulgaria)	Medium Sections, Plates and Sheets.	230,000	420,000	2 B.F. 250 m^3 each	6 O.H. 4×70 & 2×50 ton	7,000
Kremikovzki (Bulgaria) Under construction	Coke and by-products. Medium and light Sections, plates and sheets.	1,120,000	2,265,000	2 B.F. 1033 m^3 each	3 Basic oxygen conver-	16,000
Trinec (Czecho-slovakia)	Heavy, medium and light sections. Strips and wires. Railtrak equipment. Heavy casting and forgings. Cement.	1,600,000	2,000,000 (includ. castings)	6 B.F. 1×350 m^3, 2×470 m^3, 2×723 m^3, 1×1033 m^3.	20 O.H. Furnaces. 7 Electric Furnaces.	18,000
Klement Gottwald (Czecho-slovakia)	Seamless and welded pipes. Plates and strips. Heavy forgings.	1,800,000	2,500,000	4 B.F. 1080 m^3 each	10 O.H. 4×200 & 6×400 tilting.	21,200
Ejpovice (Czecho slovakia)	Luppen.	250,000		10 Rotary Kilns, 3.60m. diameters and 60 m. length using Krupp-Renn process.		
Huta Pokoj (Poland)	Medium and light Sections. Plates and sheets.	500,000	550,000	4 B.F., 2×370 m^3, 1×364 m^3 and 1×484 m^3	8 O.H. 2×125, 3×70 & 3×50 ton.	7,000
Huta Lenina (Poland)	Plates, sheets and welded pipes.	1,800,000	2,200,000	4 B.F. 2×1033 m^3 1×1360m^3 & 1×1719m^3	9 O.H. 6×375, 3×185 ton	18,000
Huta Kosciuskzo (Poland)	Medium and light Sections. Wires. Foundry iron.	760,000	525,000	3 B.F. 1×483 m^3 and 2×769 m^3.	7 O.H. 2×60, 1×100, 1×80, 2×50 ton.	7,000

America. The participants assembled in Moscow on August 9, for general discussion. The tour started in Bucharest on August 12. During the course of the tour, the group visited four iron mines, twelve ore preparation plants, eighteen iron and steel plants, and seven research and design institutes.

This report is based on data provided by the iron and steel authorities of the host Governments, information recorded from running installations, and discussions with the managers and specialists at the visited plants and institutes.

II — GENERAL INFORMATION

General information regarding the visited plants is given in Table (1). The following is a general survey for the iron and steel production in the host countries.

ROMANIA (population 18.6 mil.):

—Production figures (1961):

Iron ore mined	1,737,000	ton
Raw coal mined	8,704,000	,,
Coke	940,000	,,
Pig iron	1,099,000	,,
Steel ingots	2,127,000	,,
Solid rolled products	1,520,000	,,
Steel tubes	400,000	,,

—Number of persons employed in the iron and steel industry including mining of of ores 60,000.

—Average annual rate of growth for the industry (1951-1961) 14.5 %.

BULGARIA (population 8 mil.):

—Production figures (1960):

Iron ore mined	188,000	ton
Raw coal mined	17,100,000	,,
Pig iron	191,000	,,
Steel ingots	253,000	,,
Finished rolled products	193,000	,,

—Number of persons employed including mining of ores 16,000.

—Average annual rate of growth (1940-1960) 22.5 %.

—Planned annual rate of growth (1960-1980) 38.5 %.

The production of steel per capita will increase from 32 kg in 1960 to 175 kg in 1965 and to 590 kg in 1980. A 3 million ton plant is already under construction in two stages. The first stage, to be finished in 1964, will produce 1,265,000 ton ingots. The second stage will be achieved in 1968.

CZECHOSLOVAKIA:

—Production figures (1961):

Iron ore mined	3,294,000	ton
Pyrite concentrates	369,000	,,
Manganese ore	101,000	,,
Manganese ore	101,000	,,
Ferroalloys	117,000	,,
Steel ingots	7,043,000	,,
Solid rolled products	4,672,000	,,
Steel tubes	742,000	,,
Plates and sheets	895,000	,,

POLAND:

—Production figures (1961):

Coal production	100,000,000	ton
Coke ,,	12,500,000	,,
Ingot ,,	7,500,000	,,

—Number of persons employed 165,000.

—Planned steel production by 1980 24,000,000 ton.

SWEDEN:

—Production figures (1961):

Iron ore mined	22,300,000	ton
Iron ore exports	20,265,000	,,
Coal and coke are imported		
Pig iron	1,761,400	ton
Sponge iron	155,000	,,

—Increase in steel production is planned to reach 4,500,000 by 1965 and 5,500,000 by 1970.

USSR:

—Production figures (1961):

Raw coal mined	513,000,000	ton
Pig iron	50,900,000	,,
Steel ingots	70,700,000	,,
Rolled products and forgings	65,000,000	,,

— Increase in steel production is planned to reach 145,000,000 by 1970 and 250,000,000 by 1980.

IRON AND STEEL STUDY TOUR IN EUROPE

By

S. A. BAYOUMI, Ph. D.

Ass. Prof. Production Engineering Dept., Cairo University,
Technical Consultant, Egyptian Gen. Organisation for
Metallurgical Industries.

SUMMARY

The tour has been organised by the United Nations Department of Economic and Social Affairs, through the Economic Commission for Europe, to assist economically developing countries in facing their problems in the iron and steel industry. During the course of the tour, four iron mines, twelve ore preparation plants, eighteen iron and steel plants and seven research and design institutes were visited. General findings as regards ore beneficiation, agglomeration, coal and coke, iron making processes, steel making processes laboratories and research are reported. The importance of ore preparation is emphasized for iron making. Successful methods have been developed to obtain suitable coke from poorly coking coals. The blast furnace, in its present developed state constitutes, without exception, the fundamental means for iron production. Through the extensive use of oxygen, existing open hearth plants have increased their production. For large scale expansion, or new plants, oxygen converters are emphasized.

1 — INTRODUCTION

Studies made by various organs of the United Nations have drawn attention to the special problems affecting the establishment and expansion of the iron and steel industry in economically developing countries. To assist these countries in facing their problems in the iron and steel industry, the United Nations Department of Economic and Social Affairs organised a study tour of iron and steel plants in Romania, Bulgaria, Czechoslovakia, Poland, Sweden and the USSR for a group of experts from Africa, Asia and Latin America.

The scope of the study tour, as determined by the U.N. Technical Assistance Office, is to examine manufacturing processes for iron and steel, particularly those which do not require high-grade coking coals, or those which can utilise low-grade ores. The main subjects covered by the tour include :—

A.—Ore preparation ; beneficiation and agglomeration.

B.—Production of coke from low-grade and non-coking coals.

C.—Manufacture of pig iron.

D.—Steelmaking processes.

E.—Continuous casting.

F.—Laboratories and research.

The group was made up of members of the engineering profession representing the governments of fourteen countries ; three from Africa, six from Asia and five from Latin

References:

1. *Draft Specifications for loads and forces for the design and construction of steel structures.* Appendix II of the 1960 Annual Report Building Research Centre—U.A.R.

2. *Draft Code of Practice for the use of Reinforced Concrete in Buildings.* Appendix II of the 1960 Annual Report of the B.R.C., U.A.R.

3. *Draft Code of Practice for the use of Prestressed Concrete,* Appendix II of the 1960 Annual Report of the B.R.C., U.A.R.

4. *General Specifications for the Design of Works,* issued by the Railways Department, 1955—U.A.R.

5. R. H. Evans, E. W. Bennet, *Prestressed Concrete, Theory and Design,* Chapman and Hall, 1958.

$$\frac{Z_2}{A} + \frac{Z_2 \text{ fcw}}{R_o P_t} - \frac{Mw}{R_o P_t} \quad (d)$$

$$< \frac{.28}{.69} + \frac{.28 \times 1100}{.85 \times 284} - \frac{Mw}{.85 \times 260}$$

$$< + .892 - \frac{Mw}{240}$$

These relations apply for the whole length of the beam since the section is constant so that conditions (a) and (c) are seen to be the governing conditions.

The limiting zone within which the cable must lie can now be plotted. This zone is narrowest at the midspan section where:

$$- .486 - \frac{75}{284} < es < .204 - \frac{207.5}{240}$$

$$- .486 - .265 < es < .204 - .862$$

$$- .751 < es < - .685$$

at support $- 486 < e_s < .204$

Ultimate bending Resistance

Assuming that the centre of compression lies at 5 cms from the topmost fibre

The ultimate moment of cables

$.384 \times 70 \times 15 \ (1.20 - .05 - .10) = 422$ m.t.

remaining moment 445 − 422 = 23 m.t. is taken care of by extra ordinary mild steel bars, the yield stress of which is 3000 kg/cm²

$$A_s \times 3.0 \ (1.20 - .05 - .05) = 23$$

$$A_s = \frac{23}{3.3} = 7 \text{ cm}^2 \text{ or } 4 \ \Phi \ \tfrac{5}{8}''.$$

The ultimate shear resistance

is given by [5]

$$Vu = b_w \, a_{sh} \, Ct \sqrt{1 + \frac{f_h}{C_t}} + R_o P_t \sin\Theta$$

Where a_{sh} = shear moment arm

$= \frac{I}{S}$ where S is the statical moment of the part of section above point about c.g.

and I = moment of inertia of section

$$f_h = \frac{\text{Effective prestress. force normal to Sec.}}{\text{area of section}}$$

Θ = angle of inclination of cable with the horizontal

from which the shear resistance may be plotted against required shear strength of the beam.

The section at support is increased to 50 cms in width for a distance allowing for distance allowing for greater resistance and adequate anchorage of cables.

Figures 32 and 33 give bending moments of resistance, cable profiles and position of cables in elevation and end views.

4. Summary and Conclusions.

This paper offers alternative designs for road bridges that could be incorporated in irrigation works. It is felt that with the rapid development in the techniques and practice of both reinforced and prestressed concrete, the designer for road bridges connected with irrigation works should not limit himself to classical spans and systems. He should try to make use of ideas and systems such as those given in this paper bearing in mind that his chosen system does not interfere with the hydraulics of irrigation works. The three detailed examples given show how the chosen types are solved. Stress is made in each example to illustrate a different aspect of the design.

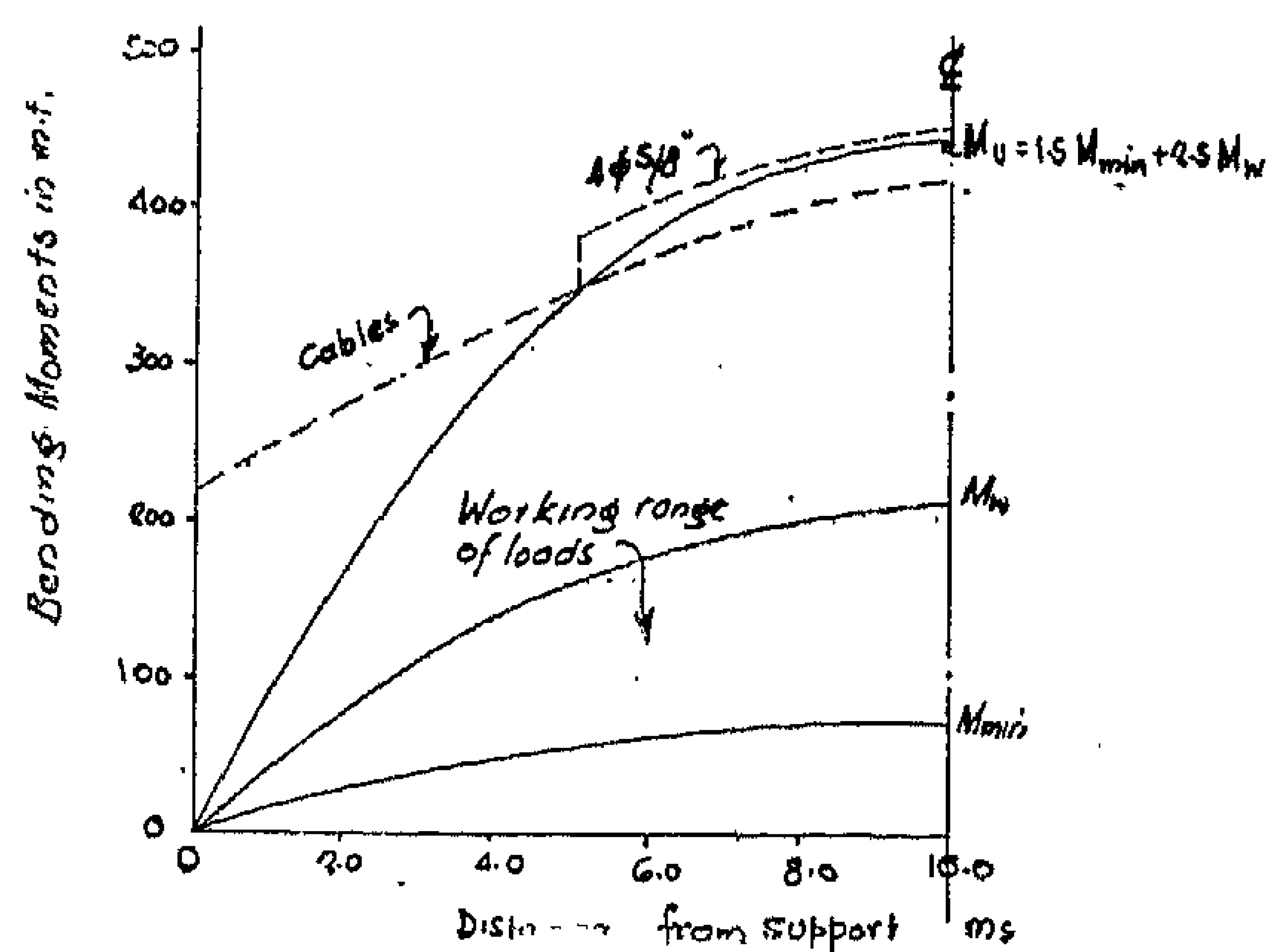
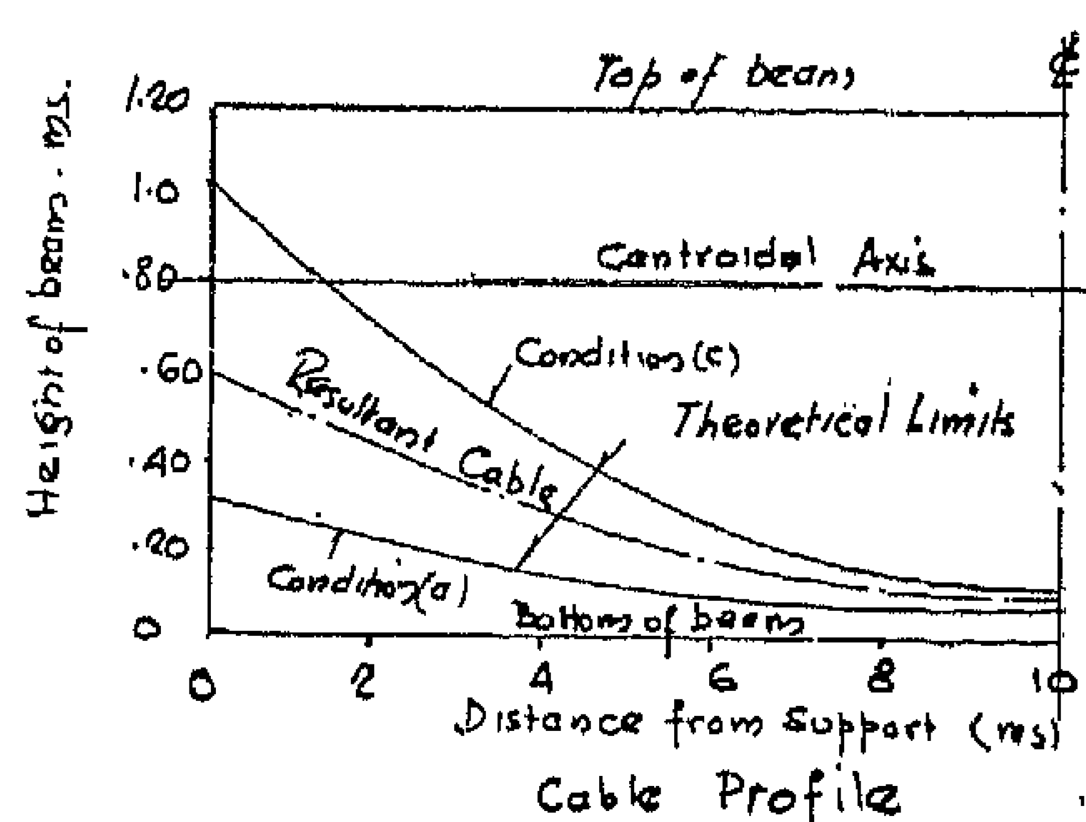


Fig. 32



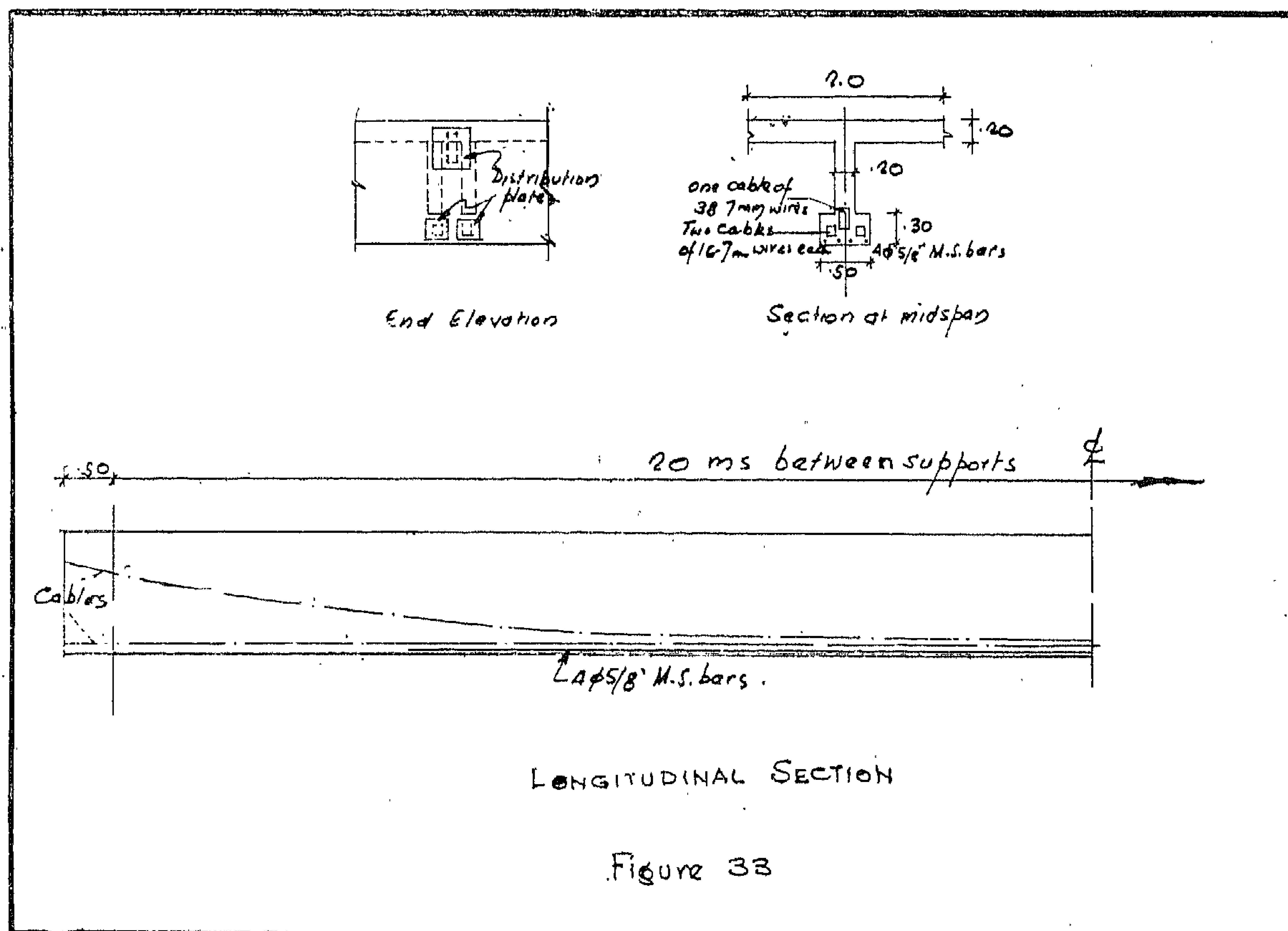


Figure 33

With the cables in this lowest position, the minimum stress $f_{min\,t}$ obtainable at the top of the beam at transfer [5].

$$f_{min\,t} = \frac{M\ min}{Z_2} + \frac{Z_1\ (Z_2 + A_{es})}{R_o Z_2\ (Z_1 - A_{es})} \left(\frac{Mw}{Z_1} + f_{min\,w} \right)$$

$$= \frac{75}{28} + \frac{.14\ (.28 - .483)}{.85 \times .28\ (.14 + .483)} \left(\frac{207.5}{.14} + 0 \right)$$

$$= 268 + .192 \times 1480 = 268 - 284$$

$$= -16\ t/m^2 \text{ tension at transfer.}$$

Prestressing cables required at midspan

$$f_{1t} > \frac{f_{min\,w}}{R_0} + \frac{M_w}{R_0\, Z_1}$$

$$f_{2t} > f_{min\,t} - \frac{M_{min}}{Z_2}$$

Where f_{1t} and f_{2t} refer to bottom and top stresses at transfer.

$$f_{1t} > \frac{0}{.85} + \frac{207.5}{.85 \times .14}$$

$$> 0 + 1730\ t/m^2$$

$$f_{2t} > -16 - \frac{75}{.28}$$

$$> -16 - 269 > -285\ t/m^2$$

The magnitude of prestressing force P_t at transfer is given by

$$P_t = \frac{A\ (f_{1t}\, Z_1 + f_{2t}\, Z_2)}{Z_1 + Z_2}$$

$$= \frac{.69\ (1730 \times .14 - 285 \times .28)}{.14 + .28}$$

$$= \frac{.69 \times 163}{.42} = 266 \text{ tons}$$

According to the D.C.P.P.C. [3] the initial prestress is taken at 70 % of the ultimate on condition that the final stress after losses does not exceed 60 % of the ulimate stress.

The working stress is thus = .7 × 15 = 10.5 t/cm²

$$\text{Wire area required} = \frac{266}{10.5} = 25.4\ cm^2$$

provided 70 wires 7 mm diameter.

One middle cable of 38 wires and two side cables of 16 wires each.

The actual prestress = 10.5 × .384 × 70 = 284 tons.

Cable Profile

The four conditions limiting the position of the lines of resultant force of the cables along the length of the beam is given by [5]

$$e_s > \frac{Z_1}{A} - \frac{Z_1\ fct}{P_t} - \frac{M\ min}{P_t} \quad (a)$$

$$> \frac{.14}{.69} - \frac{.14 \times 1400}{284} - \frac{M\ min}{284}$$

$$> -.486 - \frac{M\ min}{284}$$

$$e_s > -\frac{Z_2}{A} + \frac{Z_2\ f_{min\,t}}{P_t} - \frac{M_{min}}{P_t} \quad (b)$$

$$> -\frac{.28}{.69} + \frac{.28 \times (-300)}{284} - \frac{M\ min}{284}$$

$$> -.705 - \frac{M\ min}{284}$$

$$e_s < \frac{Z_1}{A} - \frac{Z_1\ f\ min\ w}{R_o\ P_t} - \frac{Mw}{R_o\ P_t} \quad (c)$$

$$< \frac{.14}{.69} - \frac{.14 \times 0}{.85 \times 284} - \frac{Mw}{.85 \times 284}$$

$$< .204 - \frac{Mw}{240}$$

d = effective depth (min) (ms)

C_o = cube strength t/m²

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{.13\ C_o\ B_2}}$$

$$= \sqrt{\frac{445}{.13 \times 4000 \times 2.0}} = .65 \text{ ms}$$

This is the minimum effective depth in case of a very limited headroom and should always be exceeded. In this example the chosen section is given in figure 29.

In order to check that the depth of the compression zone at failure lies within the upper flange we find "a" from [3]

$$M_u = .85\ fp \times B_2 \times a\ (d - a/2)$$

where a = depth of rectangular stress block not to exceed ⅔ depth of upper flange.

$\therefore$ M_u = 445 m.t.

$$= .85 \times 3100 \times 2.00 \times a\ (1.05 - a/2)$$

$$\text{or } 445 = 5533.5\ a - 2635\ a^2$$

which when solved will give a value a = .0875 ms. which is safe

In order to determine approximately the minimum breadth of web required for ultimate strength in shear we use the expression (5)

$$b_w \simeq \frac{.85\ Vu}{C_t\ D}$$

in which Vu is the ultimate shearing force (tons)

C_t is the ultimate strength of concrete in tension (t/m²)

D is the total depth of section (ms)

it should be noted that the term Vu could be replaced by .8 Vu to allow for the shear resistance afforded by the bending up of the cables.

$$V_u = 2 \times 15 + 2 \times 31 = 92 \text{ tons}$$

$$\text{or } V_u = 1.5 \times 15 + 2.5 \times 31 = 100 \text{ tons}$$

$$b_w \simeq \frac{.85 \times .80 \times 100}{300 \times 1.2} = 19 \text{ cm}$$

taken 20 cms.

This will allow the cables to be bent up in the web easily.

Properties of chosen section

$$\text{Area} = .20 \times 2.0 + .70 \times .20 + .30 \times .50 = .69 \text{ m}^2$$

$$Y_1 = \frac{.15 \times .15 + .14 \times .65 + .4 \times 1.10}{.69} = .80 \text{ m}$$

$$Y_2 = 1.20 - .80 = .40 \text{ ms}$$

$$I_x = \frac{2 \times .2^3}{12} + .4 \times .3^2 + \frac{.2 \times .7^3}{12} + .14 \times .15^2 + .5 \times \frac{.3^3}{12} + .15 \times .65^2$$

$$= .11115 \text{ m}^4$$

$$Z_1 = \frac{.11115}{.8} = .14 \text{ m}^3$$

$$Z_2 = \frac{.11115}{.4} = .28 \text{ m}^3$$

Check for minimum modulii of Section

It could be tproved [5] that the minimum values for Z_1 and Z_2 are given by

$$Z_1 > \frac{M_w - R_o\ M_{min}}{R_o\ f_{ct} - f_{min\ w}}$$

$$Z_2 > \frac{M_w - R_o\ M_{min}}{f_{cw} - R_o\ f_{min\ t}}$$

$$Z_1 > \frac{207.4 - .85 \times 75}{.85 \times 1400 - 0} > \frac{143.7}{1190} > .12 \text{ m}^3$$

$$Z_2 > \frac{207.4 - .85 \times 75}{1100 - .85 \times (-300)} > \frac{143.7}{1355} > .106 \text{ m}^3$$

both conditions are satisfied for the chosen section.

Assuming the cables to be placed at the lowest possible position giving $e_s = -.70$ ms (negative eccentricity of cable indicates that it is under the centre of gravity of section) and $A_{os} = -.70 \times .69 = -0.483$ m³.

Cantilever Part

$$A_{sh} = (8.8 - 3.50) \times \frac{95 \times 40}{1400} = 14.5 \text{ cm}^2$$

The reinforcement of the bridge is given in figure 28. Also the moment of resistance diagrams.

3.3 Design of a prestressed postensioned bridge :

The cross section of the bridge is the same as in the previous examples. Figure 29 shows the cross section of one of the main girders, the rest of the cross section is the same as given in figures 14 and 18. The span of the girder is 20 metres long.

Design of main girder:

The design is carried out according to the methods explained in the book of Prof. R. H. Evans and E. W. Bennet[5], and is made to conform with the D.C.P.P.C.[3]. It is assumed here that the designer is familiar with both the theory and practice of prestressed concrete.

Loads

D.L.

slab loads as previous examples = 800 t/m²
weight of beam (.70 × .20 + .50 × .30) × 2.5

= .720 t/m²

Total D.L. = 1.52 t/m²

say 1.5 t/m²

L.L.

same as before in previous examples (fig. 19).

Bending Moments and Shearing Forces

Figure 30 shows the D.L. and L.L. bending moments together with the absolute bending moment diagram. Figure 31 shows the same for shearing forces. The live load diagrams were obtained in the usual manner by the use of influence lines.

Stresses and general considerations

A concrete strength C_{100} is chosen for the design.

According to D.C.P.P.C. (3) the prism strength f_p = 310 kg/cm² and permissible stresses are as follows :

At transfer

compression f_{ct} = 140 kg/cm²
tension f_{min} t = − 30 kg/cm²

at working loads

compression f_{cw} = 110 kg/cm²
tension $f_{min\ w}$ = Zero.

The losses factor in the prestresses R_o are assumed = 85 %.

It is assumed that we use 7 mms hard drawn wires of an ultimate strength of 15 t/cm². In order to obtain the ultimate moment M_u the section should carry according to D.C.P.P.C. (3).

The bigger of the following values is taken :

$$M_u = 2\ M_{D.L} + 2\ M_{L.L} = 2 \times 75 + 2 \times 132.5 = 415 \text{ m.t.}$$

$$\text{or } M_u = 1.5\ M_{D.L} + 2.5\ M_{L.L} = 112.5 + 331.25 = 443.75 \text{ mt.}$$

M_u to be checked for is taken ≃ 445 m.t.

Design

The minimum effective depth is given by[5]

$$\frac{M_u}{B_2\, d^2} = .13\ C_o$$

Where

M_u = ultimate moment the beam could carry (m.t.)

B_2 = Breadth of top flange (ms)

b. Shear Stress Calculations

1.—*D.L. Shear Stresses in span*

Here the effect of bending moments on diagonal tension should be considered because of the variation of the depth of main girders.

$$q_x = \frac{Q_x \text{ (D.L)}}{.87 \text{ bdx}} - \frac{M_x \text{ D.L.) ton } \alpha_x}{0.87 \text{ b } d_x^2}$$

Referring to figures 27 and 26

$$q_6 = 0$$

$$q_5 = \frac{6400}{.87 \times 40 \times 96.25} - \frac{900\,000 \times .0625}{.87 \times 40 \times (96.25)^2}$$

$$= 1.726 \text{ kg/cm}^2$$

q_4 = similarly = 2.46 kg/cm²

q_3 = 2.31 kg/cm²

q_{AR} = 1.94 kg/cm²

2. L.L. shear stresses in span

According to the recommendation of the D.C.P.R.C. [2] for live loads the effect due to moments of the variation of depth is not considered in reducing the shears

$$q_6 = \frac{10100}{.87 \times 40 \times 90} = 3.22 \text{ kg/cm}^2$$

q_5 = similarly = 4.2 kg/cm²

q_4 = 4.75 kg/cm²

q_3 = 4.75 kg/cm²

q_{AR} = 4.17 kg/cm²

3. Absolute shear stresses in span

q_6 = 0 + 3.22 = 3.22 kg/cm²

q_5 = 1.726 + 4.20 = 5.926 kg/cm²

q_4 = 2.46 + 4.75 = 7.21 kg/cm²

q_3 = 2.31 + 4.75 = 7.06 kg/cm²

q_{AR} = 1.94 + 4.17 = 6.11 kg/cm²

4. Absolute shear in the cantilever

$$q_{AL} = \frac{65200}{.87 \times 40 \times 190} = 9.8 \text{ kg/cm}^2$$

q_R at a section 1.4 ms left of A

$$= \frac{51200}{.87 \times 40 \times 190} = 7.8 \text{ kg/cm}^2$$

q_L at a section 1.4 ms left A

$$= \frac{44500}{.87 \times 40 \times 190} = 6.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{end} = \frac{14500}{.87 \times 40 \times 190} = 2.2 \text{ kg/cm}^2$$

Web reinforcements

Stirrups

Choosing stirrups Φ 5/16″ — 4 branches @ 20 cms

$$q_{st} = \frac{4 \times .50 \times 1400}{40 \times 20} = 3.5 \text{ kg/cm}^2$$

Bent Bars (refer to figure 27)

Beam Part

$$A_{sb} = (7.15 - 3.50) \times \frac{190 \times 40}{1400} = 20 \text{ cm}^2$$

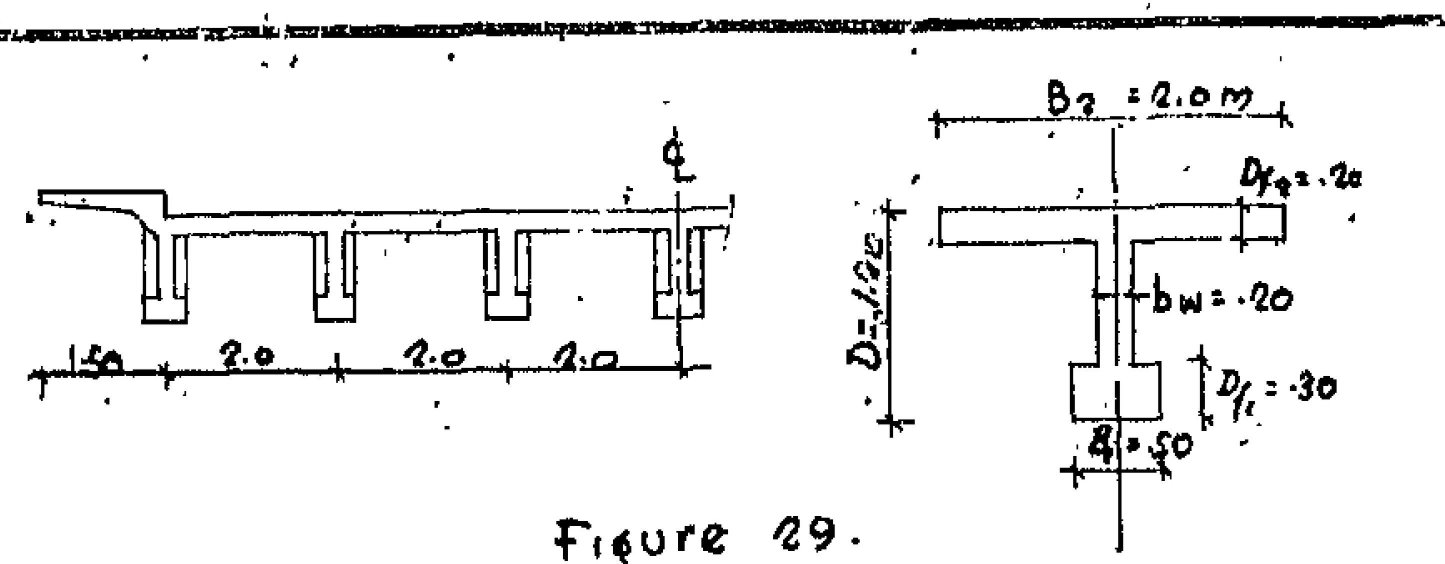


Figure 29.

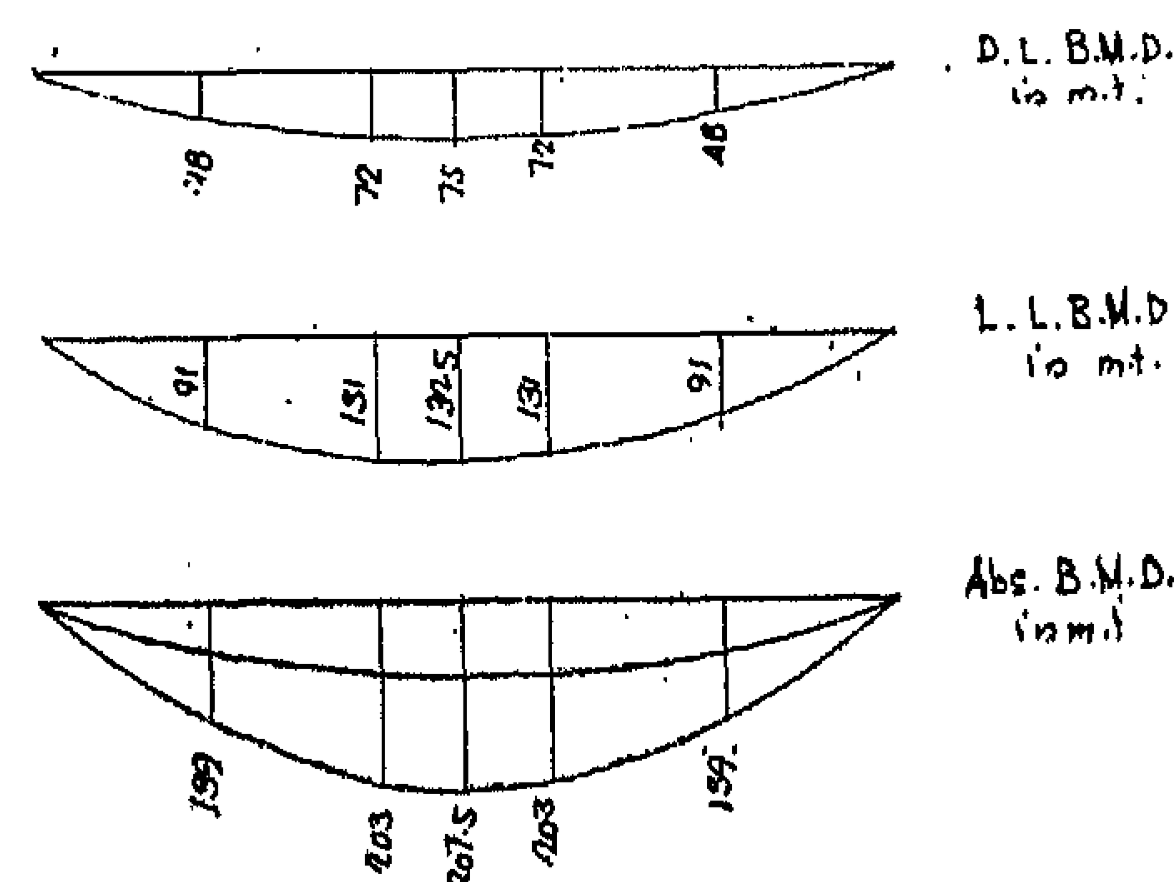


Figure 30

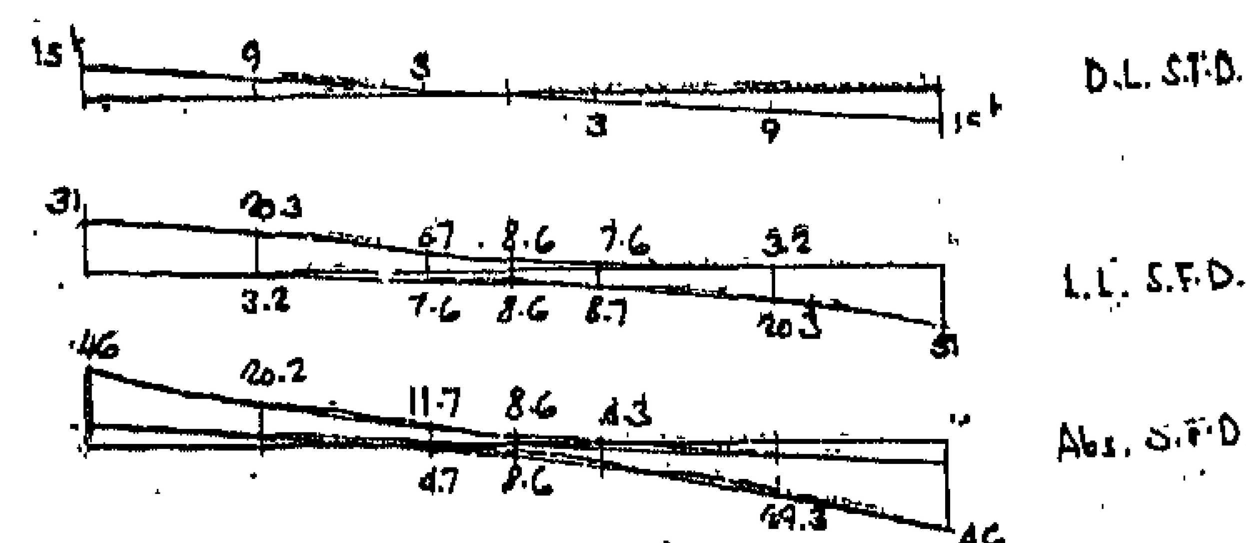


Figure 31

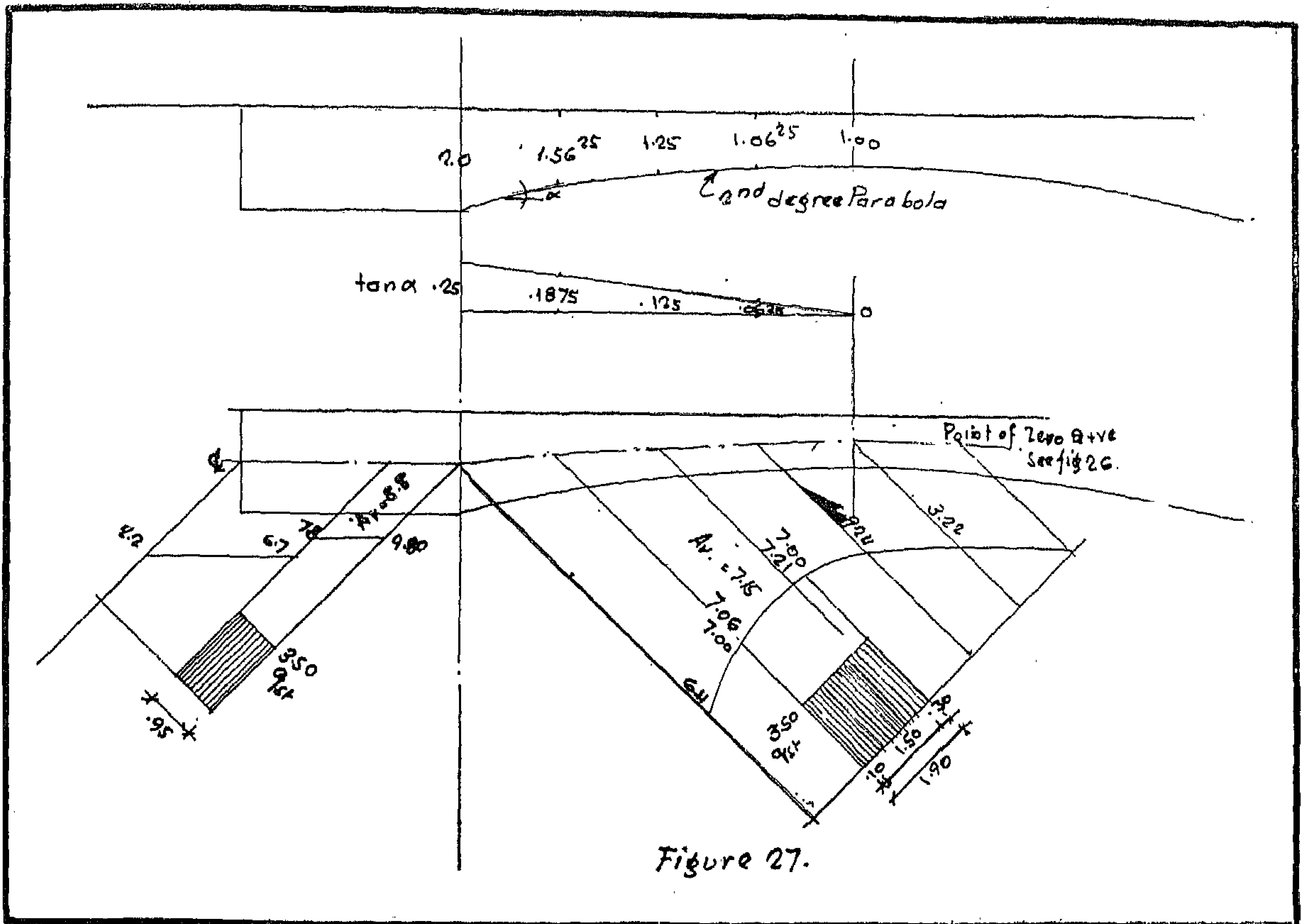


Figure 27.

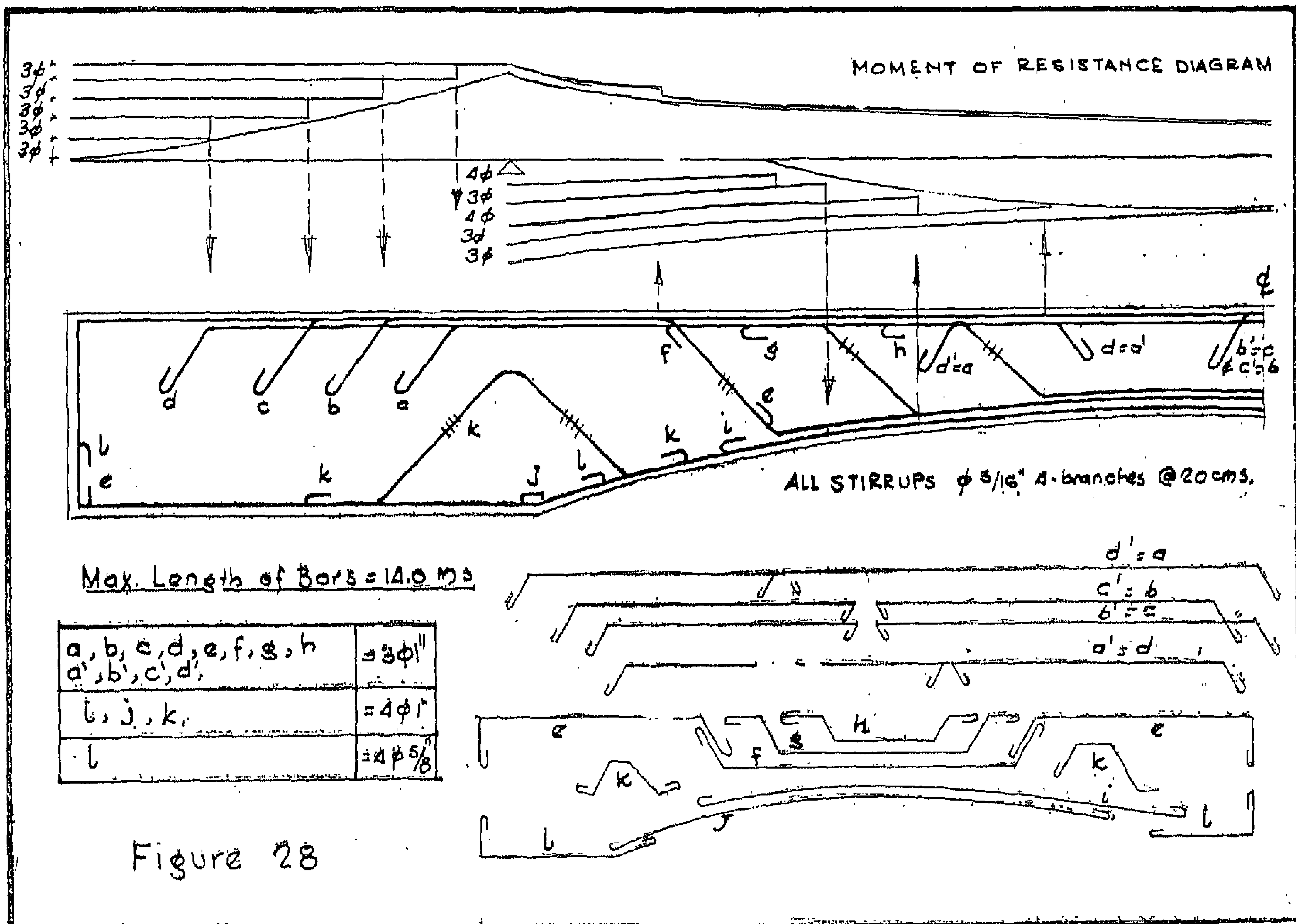


Figure 28

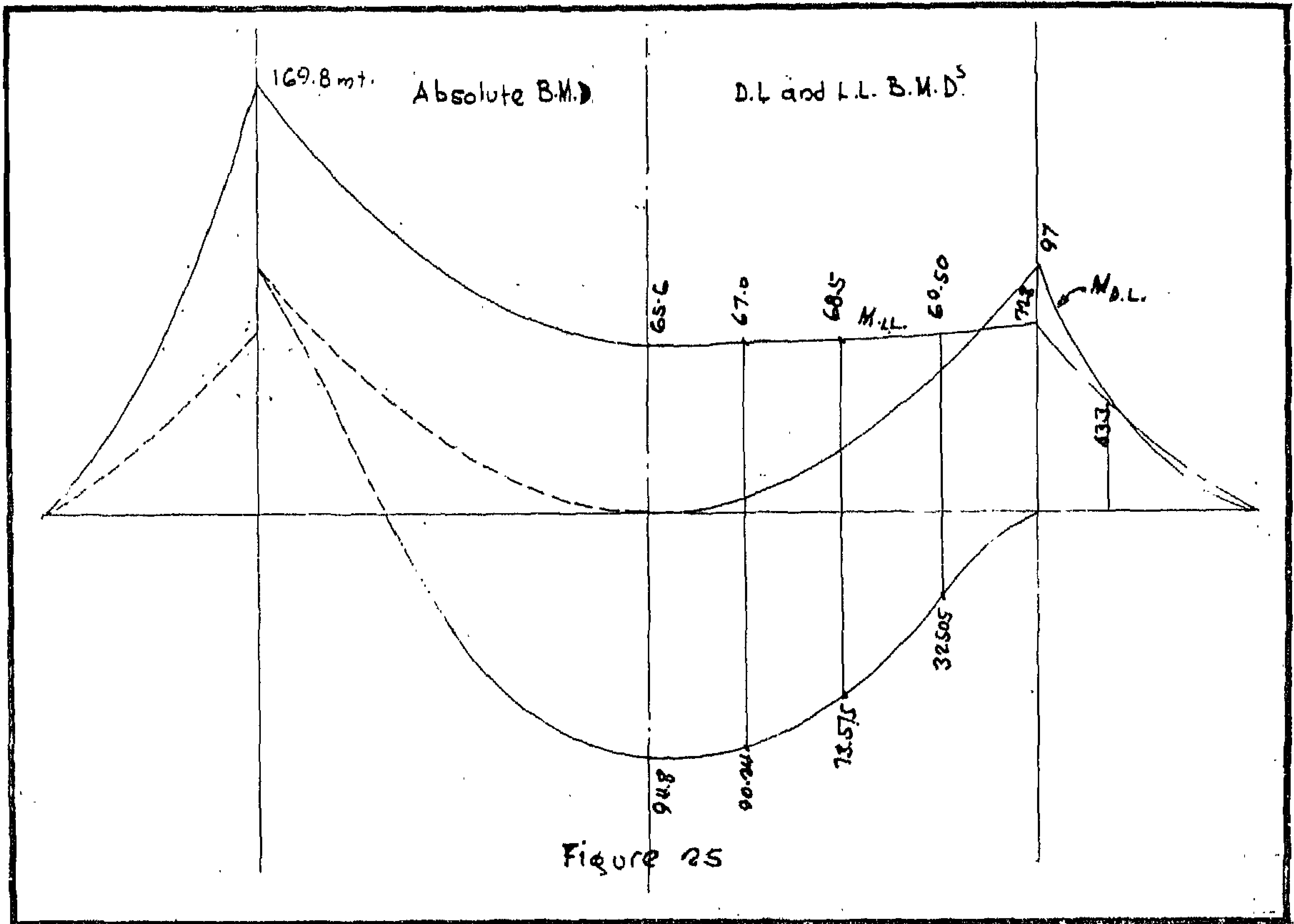


Figure 25

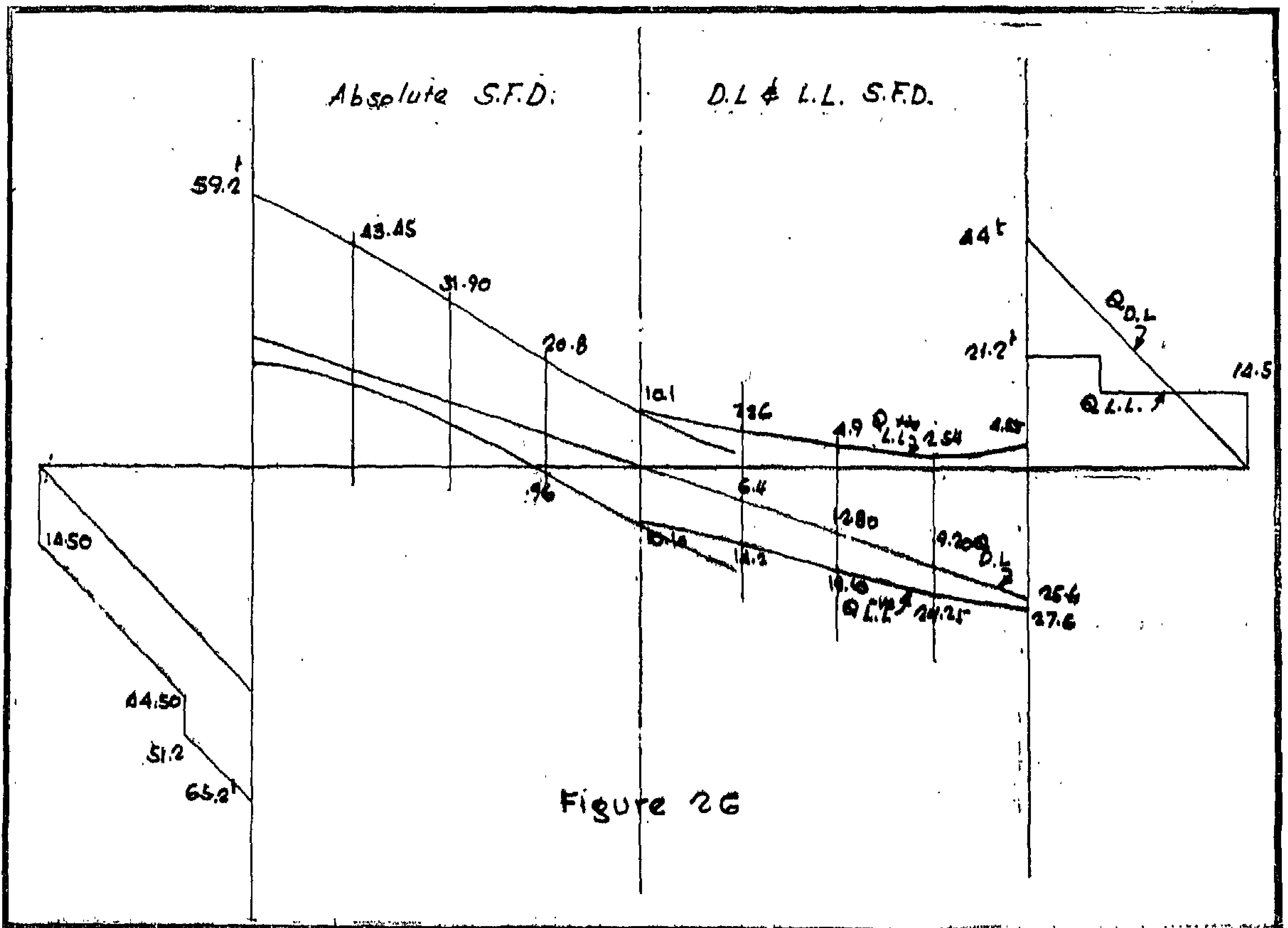


Figure 26

Figure 26 shows the same for shearing forces.

It should be noted that for brevity the construction of influence lines is omitted together with the calculations involved which are easy and common to the designer.

Design

According to the D.C.P.R.C. (2) a concrete mix of 0.80 m^3 gravel = .40 m^3 sand : 350 kg cement mixed mechanically with only 160 litres of water will give a cube strength of 225 kg/cm^2 after 28 days. The allowable stresses being

$f_c = 75$ kg/m^2, $q_1 = 7$ kg/cm^2, $q_2 = 19$ kg/cm^2 and choosing $f_s = 1400$ kg/cm^2.

a. **Design of Sections**

Section at midspan

M +ve = 94.8 m.t., M −ve = 65.6 m.t.

The design is carried for M +ve first and then the section is checked for M −ve.

t = 1.00 m d = .9 ms

T-section $B = 12\ t_s + b_o = 12 \times .2 + .4 = 2.8$ ms

or B = C.L. to C.L. main girders = 2.0 ms

$$z = .14\ \sqrt{\frac{94800}{2.00}} = 30.5 \text{ cm}$$

$$\frac{B}{b_o} = \frac{2}{.4} = 5 \text{ and } \frac{t_s}{z} = \frac{.20}{.305} = .66$$

$r = .91$ and $Br = 2 \times .91 = 1.82$ ms

$$d = .9 = k_1\ \sqrt{\frac{94800}{1.82}}$$

giving $k_1 = .395$ and $f_c \doteq 45$ kg/cm^2

$$A_s = \frac{94800}{1250 \times .90} \doteq 85 \text{ cm}^2$$

Check for −ve M = 65.6 m.t.

Rectangular section

$$d = .9 = k_1\ \sqrt{\frac{65600}{.40}}$$

giving $k_1 = .224$ and $\alpha = .4$ for $f_c = 75$ kg/cm^2

This is allowed since the +ve moment reinforcements will act as compression steel for the middle section under −ve M.

$$A_s = \frac{65600}{1220 \times .90} = 59.5 \text{ cm}^2$$

Section over Support

M −ve = 169.8 m.t.

t = 2.00 ms and d = 1.9 ms.

T-section B = 12 × .15 + .40 = 2.20 m

or B = C.L. to C.L. Main Girders = 2.00 m

$$z = .14\ \sqrt{\frac{169800}{2.00}} = 40.7 \text{ cms}$$

$$\frac{B}{b_o} = \frac{2.0}{.4} = 5.0,\quad \frac{ts}{z} = \frac{-12}{.407} = .296$$

$r = .6$ and $Br = .6 \times 2.0 = 1.2$ ms.

$$d = 1.9 = k_1\ \sqrt{\frac{169800}{1.2}}$$

giving $k_1 = .51$ and $f_c \simeq 34$ kg/cm^2

$$A_s = \frac{169800}{1290 \times 1.9} = 69 \text{ cm}^2$$

Check for −ve M at quarter point section

M +ve = 50 m.t. and M −ve = 92 m.t.

t = 1.25 ms, d = 1.15 ms.

Rectangular section

$$d = 1.15 = k_1\ \sqrt{\frac{92000}{.40}}$$

giving $k_1 \doteq .24$ and $\alpha \doteq .30$ for $f_c \doteq 75$ kg/cm^2

which is quite safe since the +ve reinforcement is over half the −ve reinforcement at this section.

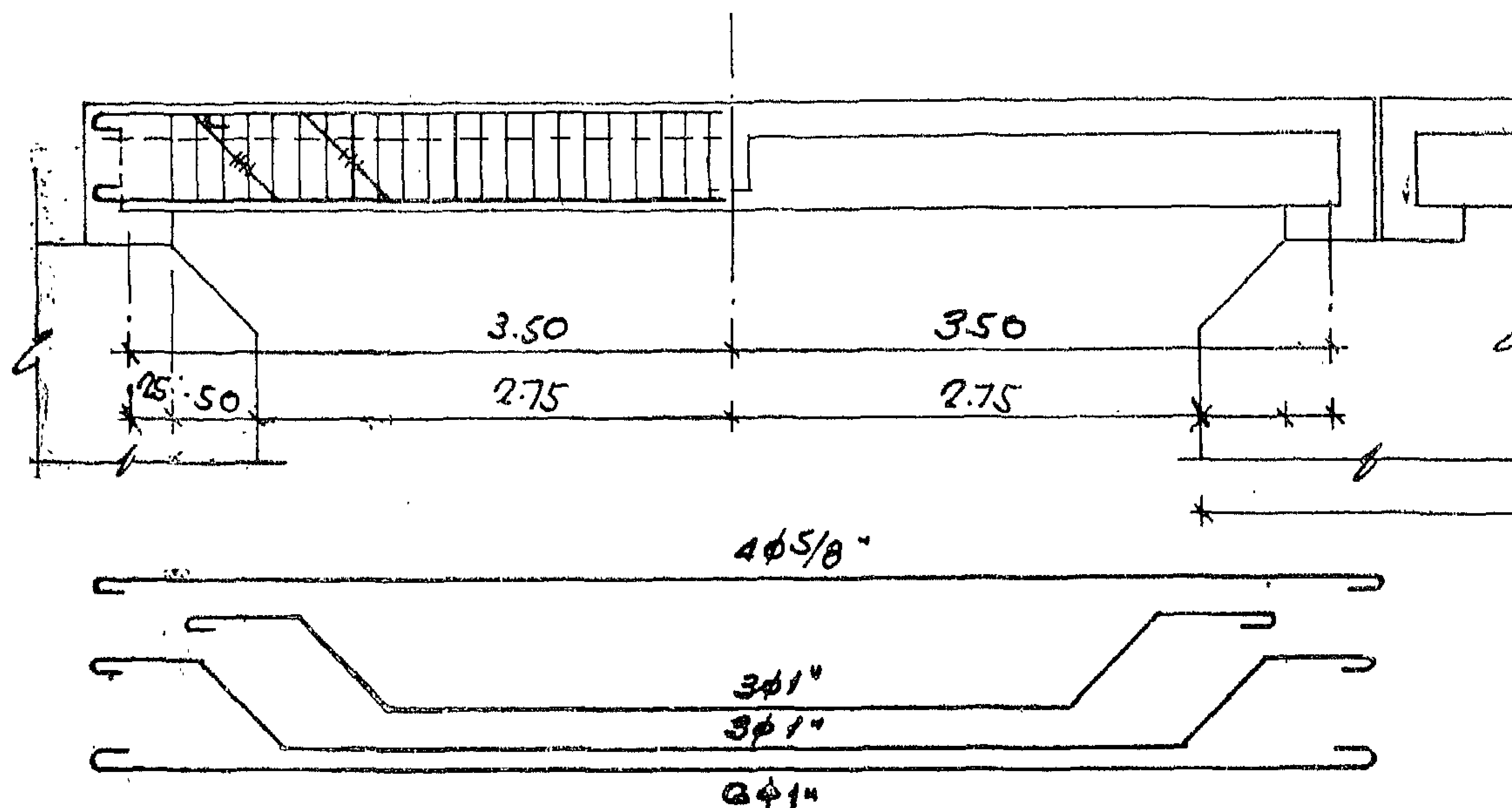


Figure 22

Neglecting the own weight of cross girders the loads on the main girders could be seen in figure 24, for span alone the bending moment M_o max +ve is given by

$$M_o \text{ max } +ve = \frac{W_1 L^2}{8} + W_2 \frac{L^2}{32}$$

$$= \frac{2.9 \times (16)^2}{8} + \frac{.6 \times (16)^2}{32}$$

$$\simeq 97 \text{ m.t.}$$

the −ve moment is given by $\frac{10 \times C^2}{2}$

for the condition that M_o max +ve = M −ve

then $C = \sqrt{\frac{97 \times 2}{10}} = 4.4$ metres.

For Live Loads on main girder refer to previous example and to figure 19.

Bending Moments and Shearing Forces

Figure 25 shows the dead and live load bending moment diagram together with the absolute bending moment diagram.

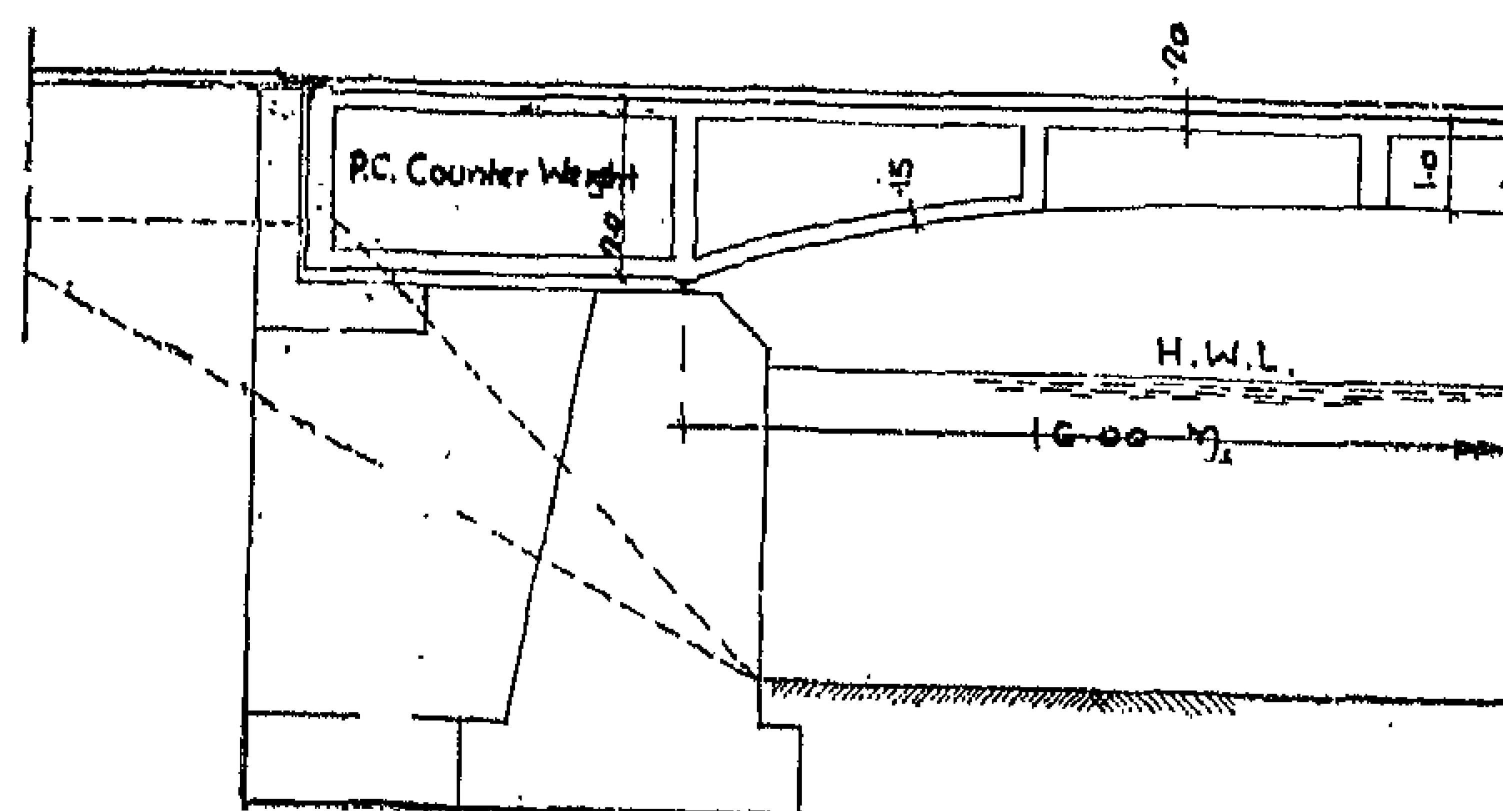


Figure 23

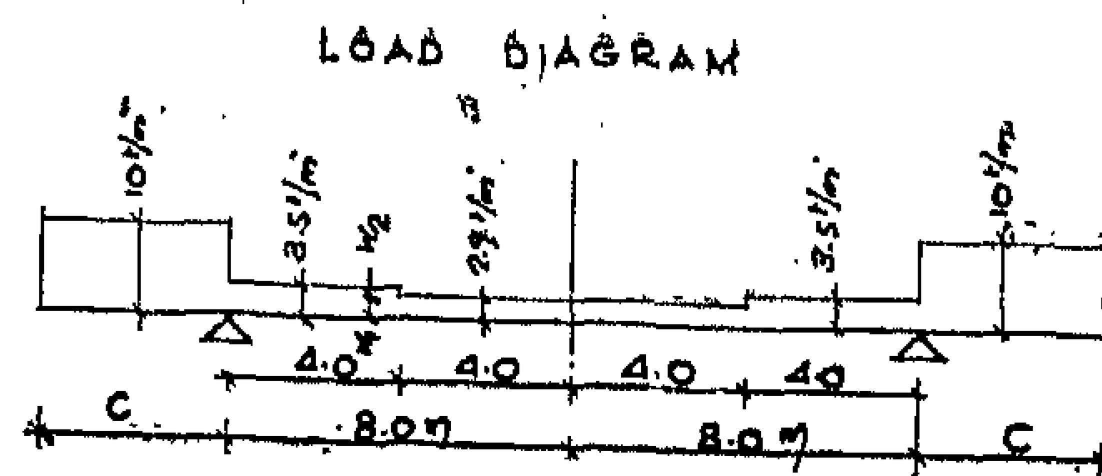


Figure 24

3.0 3.0 3.0

Main Girder 2.0 7t 15t 7t 7t

Main Girder .5 .5

Main Girder 2.0 7t 15t 7t 7t

5.25t 11.25t 5.25t 5.25t

3.0 3.0 m 3.0

W W 5.5 W W 2.0 2.0 R

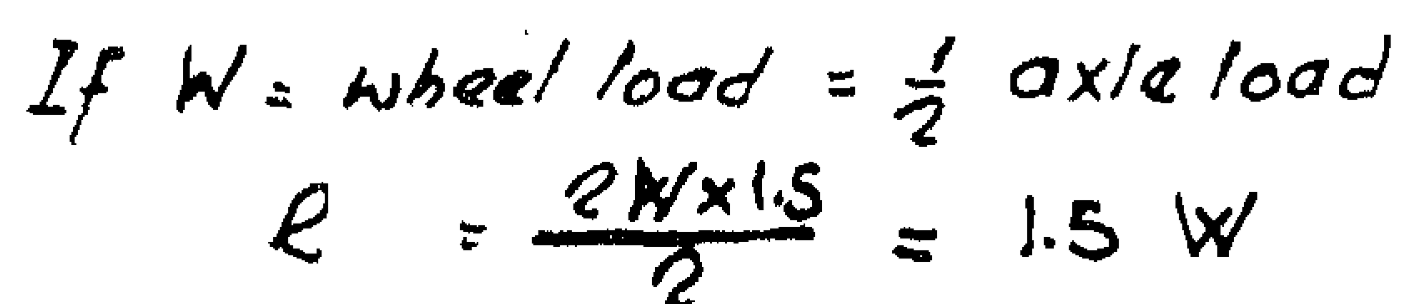


Figure 19

22.40 28.00 22.40 m.t

L.L. B.M.D.

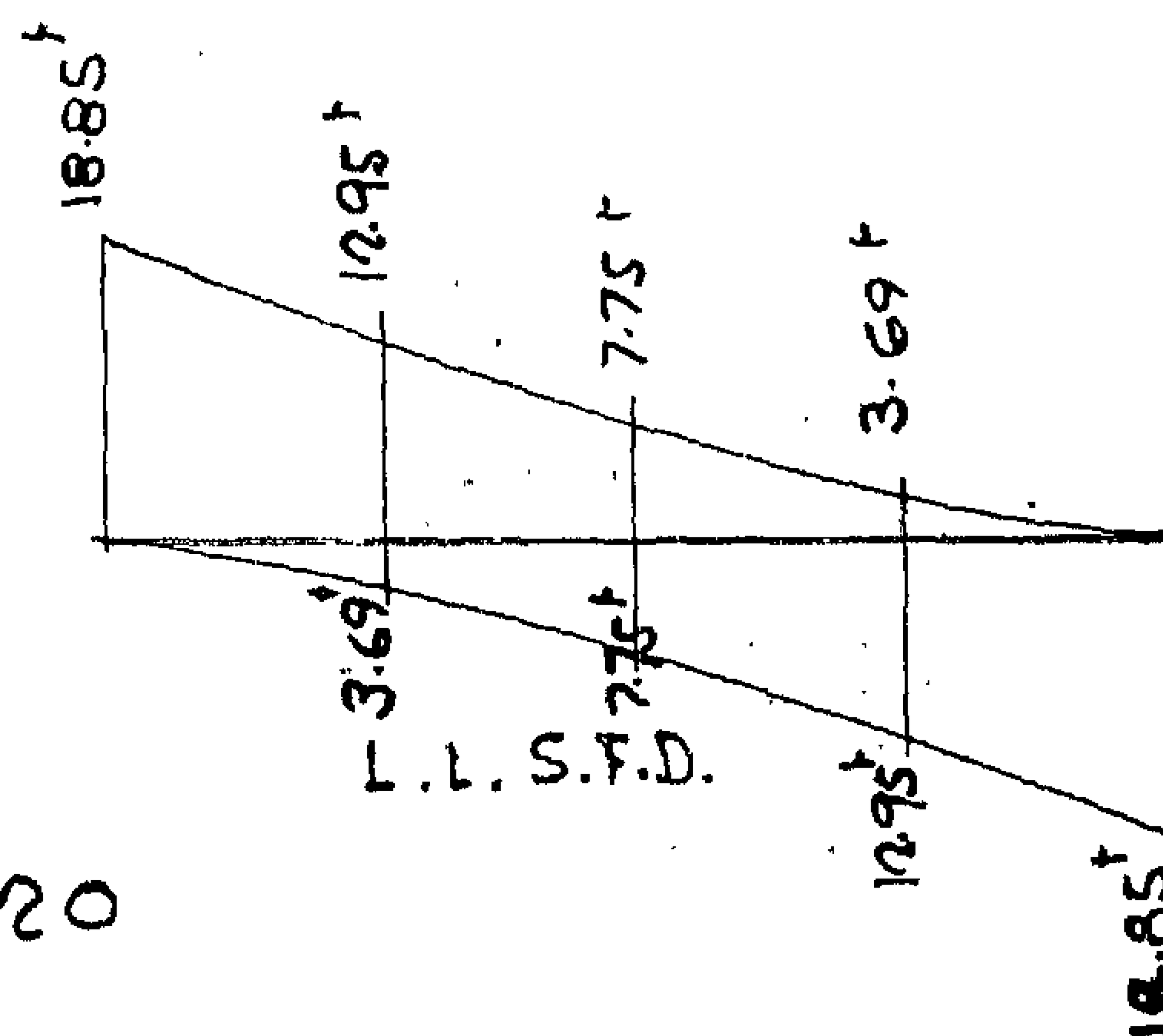


Figure 20

9.19 m.t. 12.25 m.t. 9.19 m.t.
31.59 40.25 31.59

Absolute B.M.D.

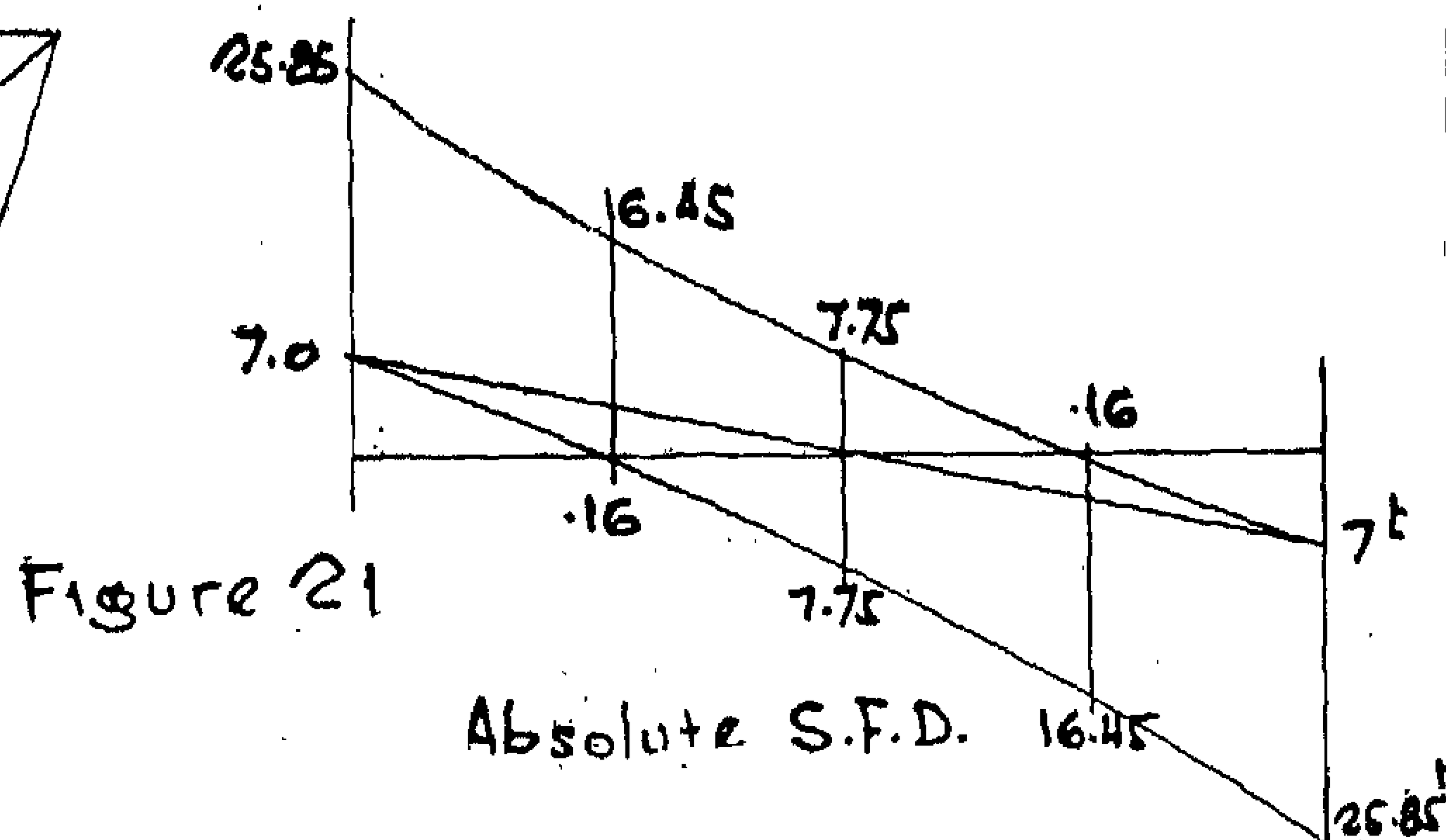


Figure 21

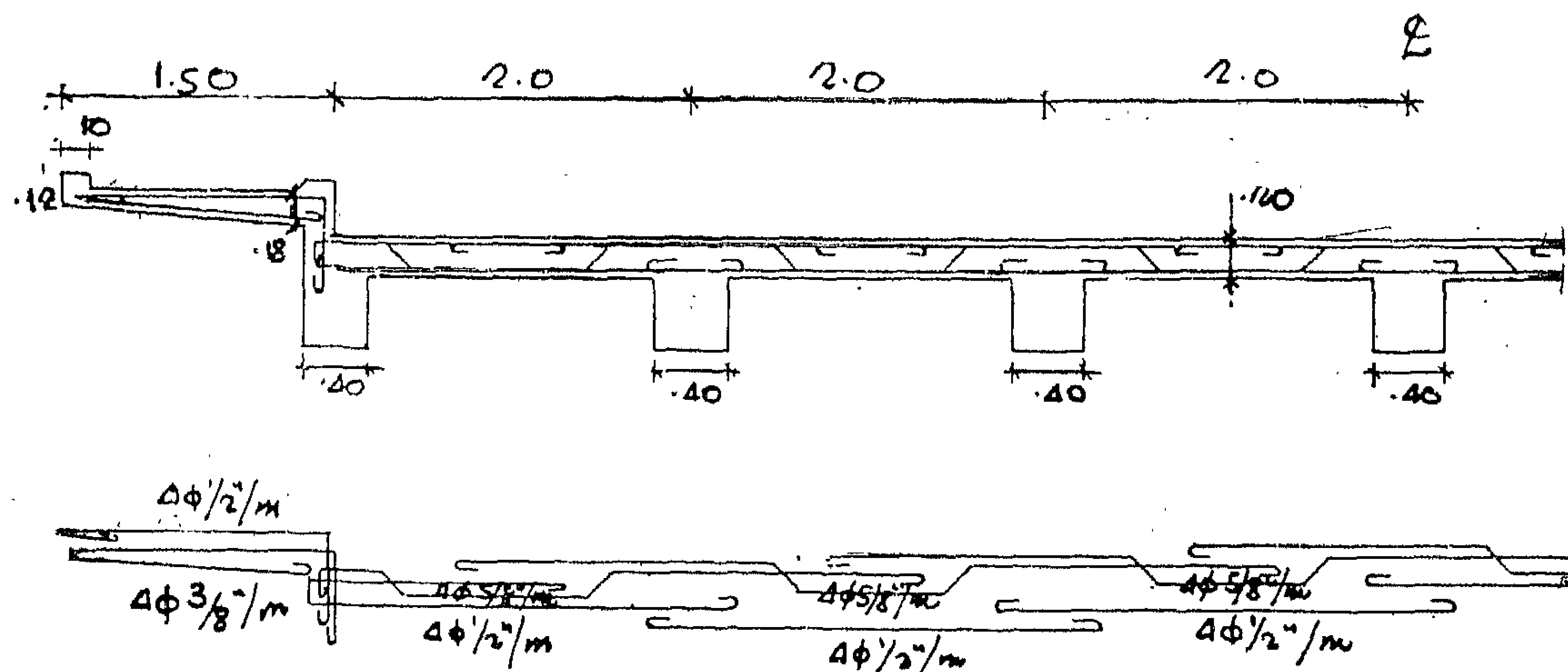


Figure 18

Bending Moments and Shearing Forces

Dead Loads

$$M \max = \frac{2 \times 7^2}{8} = 12.25 \text{ m.t.}$$

$$Q \max = 2 \times \frac{7}{2} = 7.0 \text{ tons}$$

Live Loads

Using influence lines the live load bending moments and shearing forces including impact are given in figure 20.

Absolute bending moment and shearing force diagrams are given in figure 21.

Design

By designing, in the usual manner, for the maximum moments and shears and satisfying the requirements of the internal forces, the final result is obtained in figure 22.

It should be noted that an adequate cross girder should be provided at midspan, the cross section of which is to be taken at least $.20 \times 50$ cms and should be reinforced by $3\Phi\ \frac{5}{8}''$ top and bottom.

3.2 Design of a counterweighted Girder Bridge

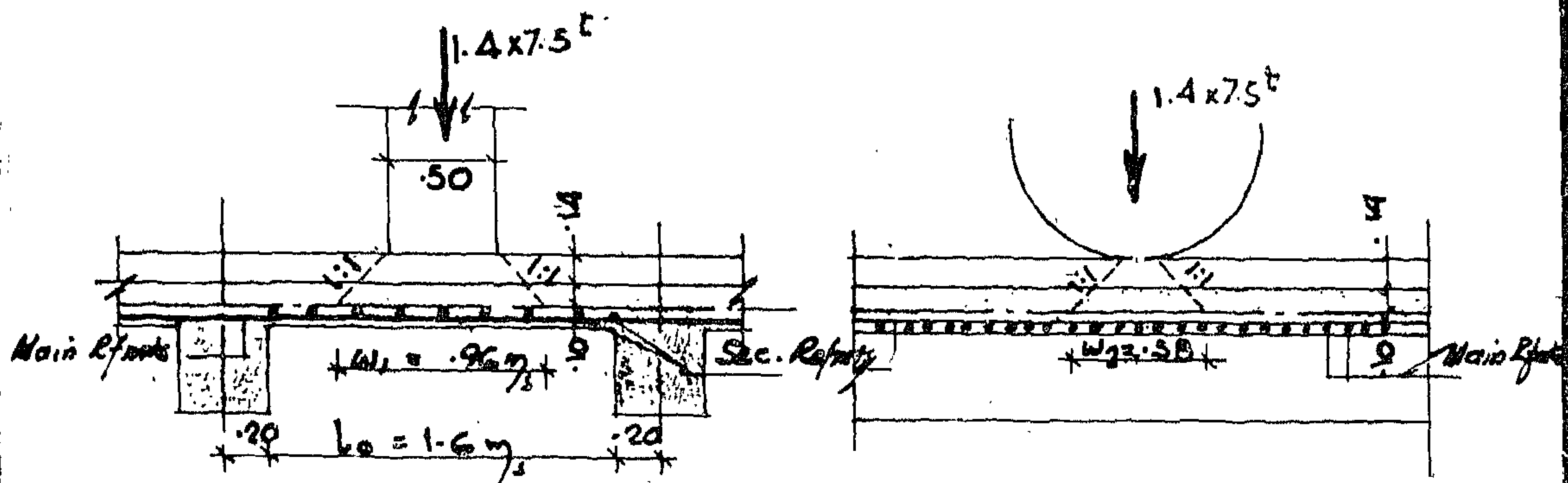
The cross section of the bridge is the same as in the previous design, figures 14 and 18. The main girders are of the type shown previously in figure 6. The main span is 16 metres long and the proposed dimensions of the bridge are given in figure 23.

Design of main girder

In the following design the counterweight will be chosen such that the positive bending moment at mid-span due to dead loads will be nil. The idea being to reduce the depth of the girder to a minimum at mid span in order to improve the esthetics of the system.

The following procedure shows how to fix the extent of the overhanging parts on the assumption that the space between the main girders is all filled with plain concrete of a specific gravity 2.4 t/m³, i.e. of the same quality as that used in the girders. This is chosen to facilitate the casting since there will be no need for special shutterings for the main girders in the overhanging parts.

average own weight of girder (span)
$= 1.3 \times .4 \times 2.5 = 1.3$ t/m′
own weight of girder (overhangs)
$= 1.8 \times .40 \times 2.5 = 1.8$ t/m′
own weight of upper slab
$= .80 \times 2.0 = 1.6$ t/m′
own weight of lower slab
$= .375 \times 1.6 = .6$ t/m′
own weight of counterweight
$= 1.6 \times 1.65 \times 2.4 = 6$ t/m′



Width of load distribution parallel to main rfmts $= w_1$

Width of load distribution normal to main rfmts $= w_2 + \frac{A_s \text{ sec.}}{A_s \text{ main}} \times 1.05\, l_0 = w_3$

$$\text{Load}/m^2 = \frac{\text{max wheel load including impact}}{w_1 \times w_3}$$

Impact for R.C. Slabs $= 40\%$ & $\frac{2}{3} > \frac{A_s \text{ Sec}}{A_s \text{ main}} > \frac{1}{3}$

Figure 15

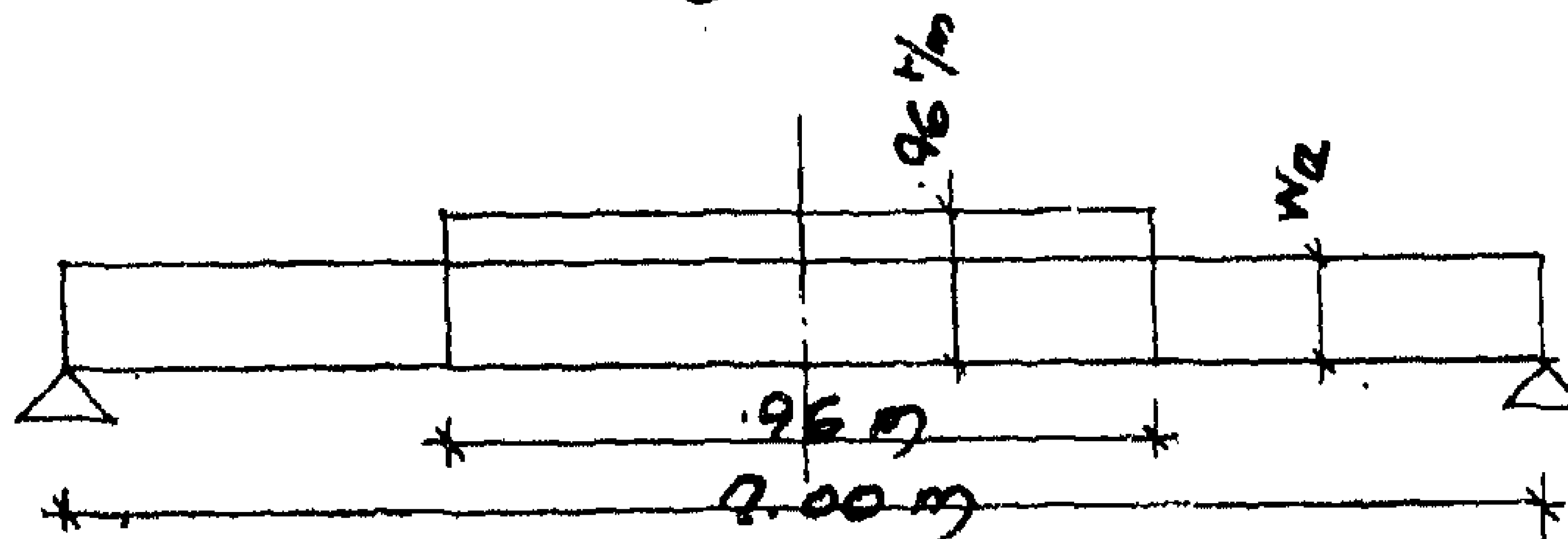
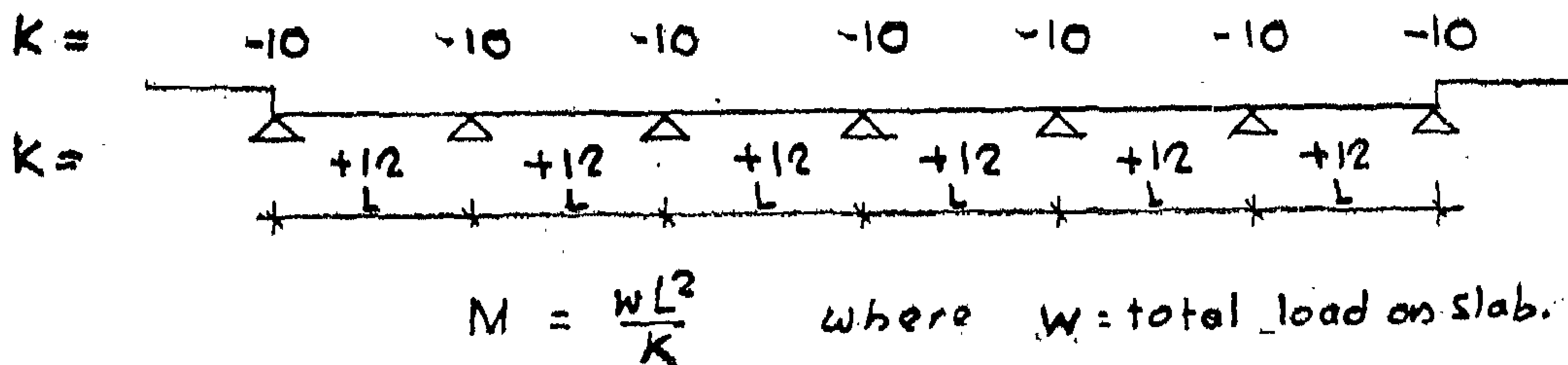


FIGURE 16



$$M = \frac{wL^2}{K} \quad \text{where } w: \text{total load on slab.}$$

Figure 17

Dead Load (on side walks)

2 cms asphalt paving $= .02 \times 2200 = 44$ kg/m²
15cms R.C. slab $= .15 \times 2500 = 375$ kg/m²

Total D.L. $= 420$ kg/m²

Live Load (on slab)

Load distribution (refer to figure 15)

Slab is one way and assuming $\frac{A_s \text{ sec}}{A_s \text{ main}} = \frac{1}{3}$

$\therefore$ width of distribution normal to main girders

$= .50 + 2 \times .24 = .96$ ms.

width of distribution parallel to main girders
$= .10 \times 2 \times .24 \times \frac{1}{3} \times 1.05 \times 1.6 = 1.14$ ms

Load/m² including impact $= \frac{1.4 \times 7.5}{0.96 \times 1.14}$
$= 9.6$ t/m²

This load does not cover the does not cover the span of the slab.

And the equivalent load W_e covering the whole span and giving the same bending moment is given by

$$M \text{ max} = \frac{W_e \times 2^2}{8} = 9.6 \times .48\ (1 - .24)$$

giving $W_e = 7$ t/m.′ (See figure 16).

Live load (on side walks)
taken as 500 kg/m² inclusive

Total load (on slab)
$W = 7 + .8 = 7.8$ t/m′

Total load (on side walks)
$w = 420 + 500 = 920$ kg/m².

Bending Moments and design

When the distance between the main girders does not exceed 2.5 ms the following approximation may be used (see figure 17).

For the slab

$$M+ve = \frac{7.8 \times 2^2}{12} = 2.6 \text{ m.t.}$$

$$M-ve = \frac{7.8 \times 2^2}{10} = 3.12 \text{ m.t.}$$

check for thickness under maximum moment.

$$17 = k_1 \sqrt{\frac{3120}{1.0}} \quad \therefore k_1 = .305 \text{ fc allowed}$$

$$A_s+ve = \frac{26000}{1250 \times .17} = 12.2 \text{ cm}^2$$

(provided 4 Φ ⅝″ + 4 Φ ½″/m′)

$$A_s-ve = \frac{3120}{1250 \times .17} = 15 \text{ cm}^2$$

(provided 8 Φ ⅝″/m′

For the side walks

Assuming the handrail to weigh 150 kg/m′ and is subjected to a horizontal push of 80 kg/m′ at a height of 1 metre, then :

$$M = .92 \times \frac{(1.5)^2}{2} + .15 \times 1.5 + .08 \times 1$$
$$= 1.345 \text{ m.t.}$$

$$d = 15 = k_1 \sqrt{\frac{1345}{1.00}} \quad \therefore k_1 = .395$$

f_c allowed

for fs $= 1400$ kg/m²

$$A_s = \frac{1345}{1250 \times .15} = 7.2 \text{ cm}^2$$

(provided 4 Φ ½″ + 4 Φ ⅜″/m′)

For details of reinforcements of cross section. (See figure 18.)

b. **Design of Main Girder**

Loads

Dead loads

neglecting the own weight of the cross girder.
Own weight of girder

$= .4 \times .40 \times 2.50 = .4$ t/m′
$= .8 \times 2.0 = 1.6$ t/m′

Total D.L 2.0 t/m′

Live loads

The live loads on the main girder excluding impact are found from figure 19 to be 11.25 ton and 5.25 ton due to two wheel loads of 7.5 ton and 3.5 ton each respectively.

The system (figures 9 and 10) may cover a span of 20 to 30 metres economically.

Figure 11 shows a bridge consisting of prestressed concrete simple beams which are precast and pretensioned. The spans for such beams is limited to 12 ms on account of difficulties in transport and erection. The arrangement of beams in the cross section is also given. At the present time the use of prestressed concrete is not very economical, but in the near future with the local production of hard drawn wires the use of prestressed concrete will certainly grow to compete with reinforced concrete and steel construction.

Figure 12 shows a bridge consisting of prestressed concrete simple beams suitable for bigger spans of 20 to 30 metres in which the beams are post-tensioned. Continuous prestressed beams may well solve the problem of bigger spans but not in cases connected with irrigation works in which the spans are not likely to exceed 20 metres in the near future.

3. Alternative designs

In the following alternative designs of some bridges are given. They consist of 3 designs for an ordinary simple girder bridge of the type shown in figure 1 followed by a beam with two overhanging ends incorporating counterweights of the type shown in figure 6. The third design is of a prestressed post-tensioned girder bridge of the type shown in figure 12.

Wherever possible the designs were carried out according to the latest current, provisional and draft specifications and codes of Practice of the U.A.R. [1 2 3 4]. Reference is made to these specifications using the following abbreviated forms D.S. Loads, D.C.P.R.C., D.C.P.P.C. and G.S.R. suggested for each of them respectively.

Figure 13 shows the standard truck-type for road bridges (main roads) as given by the D.S. Loads

The impact coefficient used is this proposed by the D.S. Loads [1] and reduced 50 % for einforced concrete bridges as recommended by the G.S.R.

$$\therefore \quad \text{Impact coefficient } I = .50 \times \left(\frac{16}{24+L}\right)$$

Where L = loaded length of member giving the maximum stress.

Impact coefficient for slabs I = 40 % as recommended by D.S. Loads [1].

The wheel load distribution through the slabs is carried out according to the G.S.R. [4].

For simplicity the cross section of the bridge is chosen the same and will be designed only once.



Figure 11.

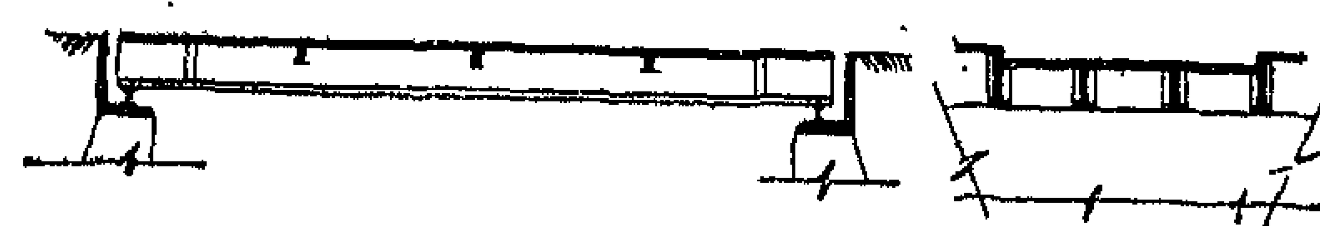


Figure 12

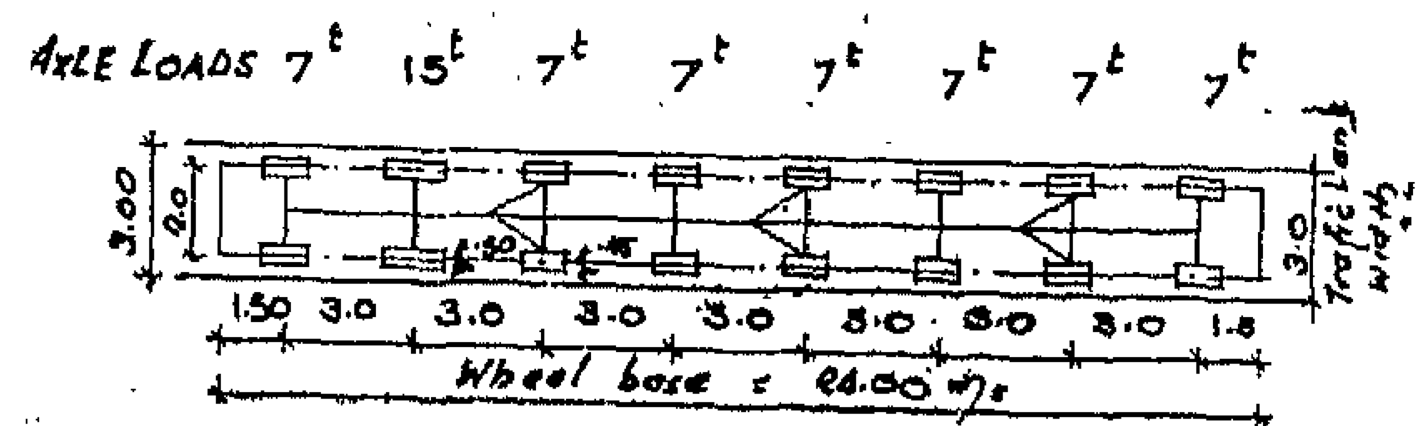


Figure 13

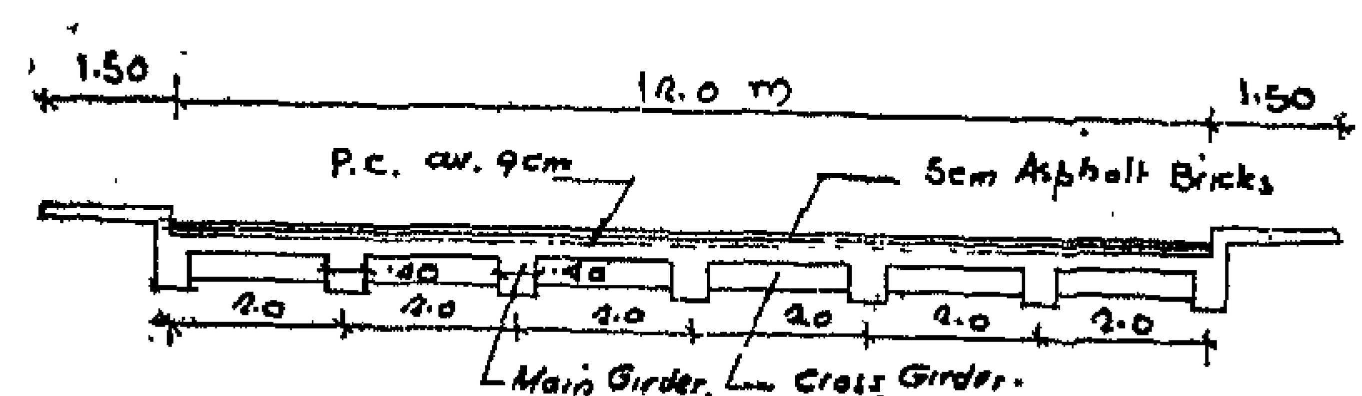


Figure 14.

3.1. Design of a simple Girder Bridge

Figure 14 shows a cross section of the bridge which has an effective span of 7 metres.

a. **Design of cross section**

Dead Loads (on slab) :

Loads

5 cms asphalt bricks	$= .05 \times 2200 = 110$ kg/m²
9 cms plain concrete	$= .09 \times 2300 = 189$ kg/m²
20 cms R.C. slab	$= .20 \times 2500 = 500$ kg/m²
	Total D.L. $\simeq$ 800 kg/m²

solution is relatively easy. Differential settlements will not affect the bridge. Spans of 12 to 15 metres may be achieved economically. It remains to be noted that the construction of intermediate hinges may prove difficult and cumbersome.

Figure 6 shows a bridge having one span and two overhanging ends incorporating counterweights. The system is statically determinate and easy to solve and may be used economically for spans of 12 to 18 metres. The length of the overhanging parts is determined in such a manner that the counterweight will provide negative dead load moments that will relieve the mid-span section of its positive dead load moments. This makes possible the depth reduction of the middle section resulting in the improvement of the esthetics of the bridge. It should be noted that in order to reduce the depth at the supports a bottom slab is used providing a wide compression flange. Special curtain walls should be provided at the ends allowing for the movement of the free ends. These could be easily incorporated with box type wing walls.

Figure 7 shows a continuous beam type bridge of constant section. The continuous type may cover any number of spans. It is statically indeterminate and thus affected by differential settlements of supports, temperature, shrinkage and creep. In long bridges the practice is to cut down the length into units of continuous beams of say three spans. The influence lines for continuous beams are either calculated by the designer or plotted from specially prepared tables. Figure 8 shows the same continuous beam type bridge but having a variable section within the one span. The beam in this system looks more graceful than a beam with constant section. The system may prove more economical but on the other hand it involves a greater amount of calculation for influence lines which are not found in table and should be calculated from first principles. In a future paper the author will present a quick analytical method for obtaining the influence lines by moment distribution using the deflection curves. Continuous beam bridges may span 20 to 25 metres economically and are more suited to the case when end spans are smaller than intermediate ones. This is not recommended for irrigation works since equal spans provide easier construction of gates and other accessories.

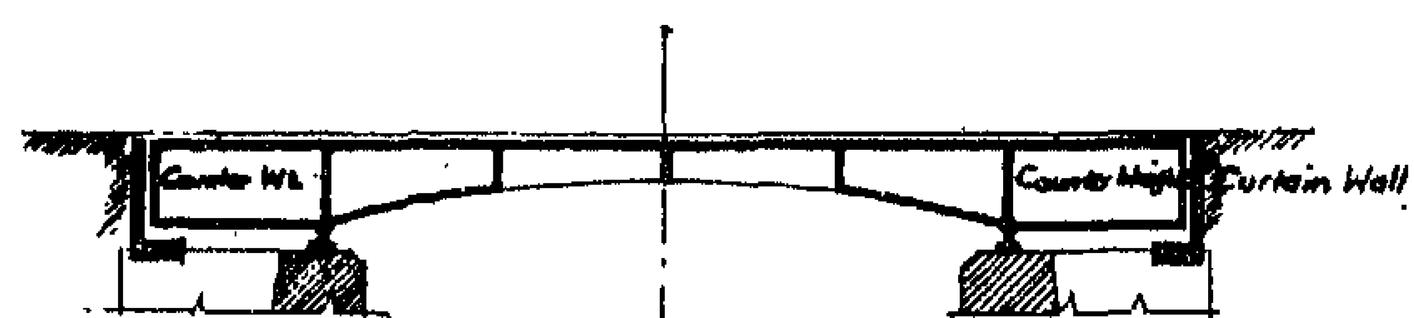


Figure 6

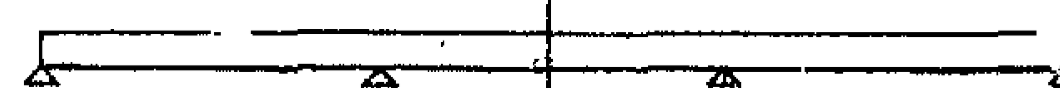


Figure 7

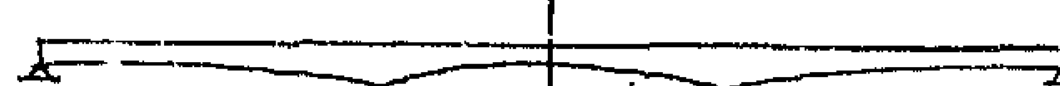


Figure 8

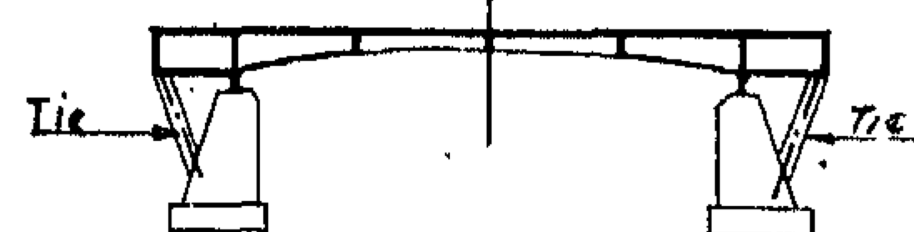


Figure 9



Figure 10

Figure 9 shows a one-span bridge consisting of girders having two overhanging ends tied at their free end to the abutments by inclined ties. The ties serve in producing the negative support moments instead of the counterweights shown in the bridge, figure 6. The system is twice statically indeterminate and the construction of influence lines will involve a big amount of computations. The quick calculation of the influence elines as mentioned before will be the subject of a future paper. Among the advantages of this type of bridge is the elimination of the counterweight and the increase in the stability of the abutment resulting in a substantial reduction in its dimensions. Figure 10 shows a proposal for using a prestressed inclined tie. In this way it is possible to control the amount of reactions present at the ends.

ALTERNATIVE DESIGNS OF SOME SIMPLE REINFORCED AND PRESTRESSED CONCRETE ROAD BRIDGES

By

Dr. AMIR ASSAD RIZK, Ph.D., M.Sc.,
Lecturer, Faculty of Engineering, Cairo University

1. Introduction

With the vast leaps in the use and practice of reinforced concrete and the recent development of prestressed concrete, the structural designer for road bridges especially those connected with irrigation works now has a bigger choice of types and systems than his predecessors. Prior to the use of reinforced concrete for road bridges incorporated in irrigation works, the choice of the classic 90° segmental masonry arch was predominant. The clear span was limited to 4.0 metres in order that the roadway over the bridge may not greatly exceed the level of the embankments of the waterway. The limit of 8.0 ms clear span was achieved in Idfina Barrage, the latest on the Nile and in which the arches were of plain concrete. The tendency now is for the use of bigger spans whenever possible, this results in a substantial economy because of the lesser number of supports used.

With bigger spans, the abutments and piers are supported on individual foundations independent from the floor of the barrage or regulator. The joints between the floor and the foundation for the abutments and piers must of course be watertight.

The object of this paper is to present to the designer a variety of systems and types of simple bridges that could be incorporated with irrigation works. This will widen the field of choice for the designer and will promote a substantial saving in the costs of the structure. Solved examples for some bridges in reinforced and prestressed concrete are given. It is felt that these may serve as a guide and reference to the designer.

2. Survey of some types of bridges

Figure 1 shows a simply supported girder bridge of the type commonly used. It may span 6 to 8 metres economically ; an increase of span to 10 metres may prove possible but not economical.

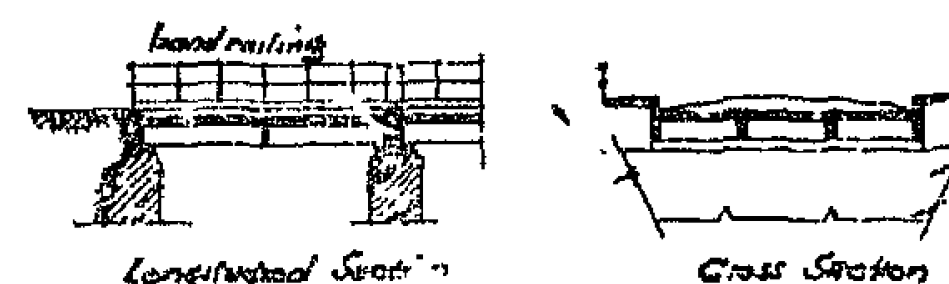


FIG. 1

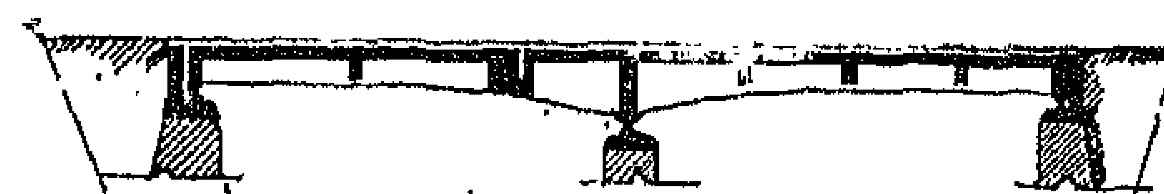


Figure 2

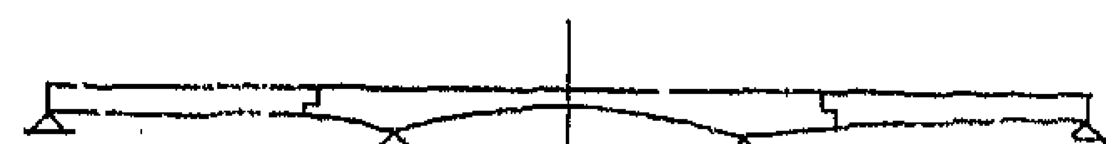


Figure 3

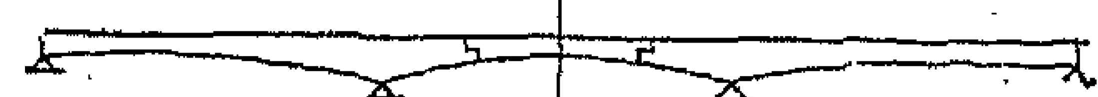


Figure 4



Figure 5

Figures 2, 3, 4 and 5 show different types of cantilever beam bridges spanning over two, three and four spans. Intermediate hinges are provided in such a manner that will result in a stable system of beams with overhanging ends and simple beams. The number of these hinges is equal to the number of supports of the beam minus unity. The cantilever beam is statically determinate and its statical

Sands are very different in their behaviour under vibration. Firstly, they are not saturated generally. Often they may be in a loose state. Vibration can cause considerable settlement, particularly if accompanied by some pressure. Fig. 7 shows the effect of a small hand-propelled vibrating roller weighing only 4 cwt. in compacting a sandy soil at various moisture contents (6). It will be seen that at the optimum moisture content the loose sand was increased in density by some 20 %. The vibration applied to the ground is a fairly severe one, of course, but so is the settlement compared with that which a machine tool could tolerate.

CONCLUSION

I hope you will forgive me if, in trying to cover a wide field, I have sometimes glossed over much of the subject matter. But I hope that there will be some opportunity during the discussion to deal further with any points which were inadequately dealt with.

this speed there will be resonance and unless some damping is introduced there will be a possibility of excessive vibration. Returning to the example above resonance would occur at 440 r.p.m. with the 0.2″ deflection springs. At this speed the out-of-balance force will be only $\left(\frac{440}{1320}\right)^2 \times 0.1$ tons $= 0.011$ tons. If applied statically this would produce a deflection of 0.011/25 in. = 0.00044″. Due to the resonance the dynamic magnification factor may be say 6 or 7 if rubber springs are used i.e. the dynamic movement would be say 0.003″. With steel springs and no dampers an even higher value would be obtained. If these movements cannot be tolerated for the short period during which the machine is accelerating through the resonant range artificial damping will need to be introduced. Commercial dampers can be obtained which can reduce the dynamic build-up to any desired degree. But too much damping is to be avoided if the damping force is not to also become excessive at the normal running speed. This damping force is applied to the ground, of course, since one end of the damper must be attached to the ground.

Sometimes it can be arranged for the dampers to come into operation only when the machine is running near to the resonant speeds. This device was used on a large coal screen which the author recently dealt with, and works very successfully.

THE EFFECTS OF VIBRATION ON SOILS

Before leaving the subject of vibrations in machine foundations, it is appropriate to discuss here the effect of vibrations in the ground on the bearing power of soils.

Soils which are cohesive (clays) can be dismissed very briefly. Clays are almost invariably saturated and compaction can only take place if the water is squeezed out of the soil. Even under a statically applied load this occurs very slowly. Under a vibratory load, which in effect consists of applying a positive and a negative pressure alternately, it does not occur at all. It is conceivable that there may be some plastic flow of the soil if the vibratory load is sufficiently intense, but the evidence available suggests that this does not happen to any significant degree in practice. This is probably because the movements and stresses associated with the vibrations are much less severe than they appear to be to the observer. A vibration of 10 c.p.s. frequency and 0.001″ amplitude has a peak acceleration of only about 1 % of g and yet it would be classed as very severe if it were occurring in the region of a machine tool.

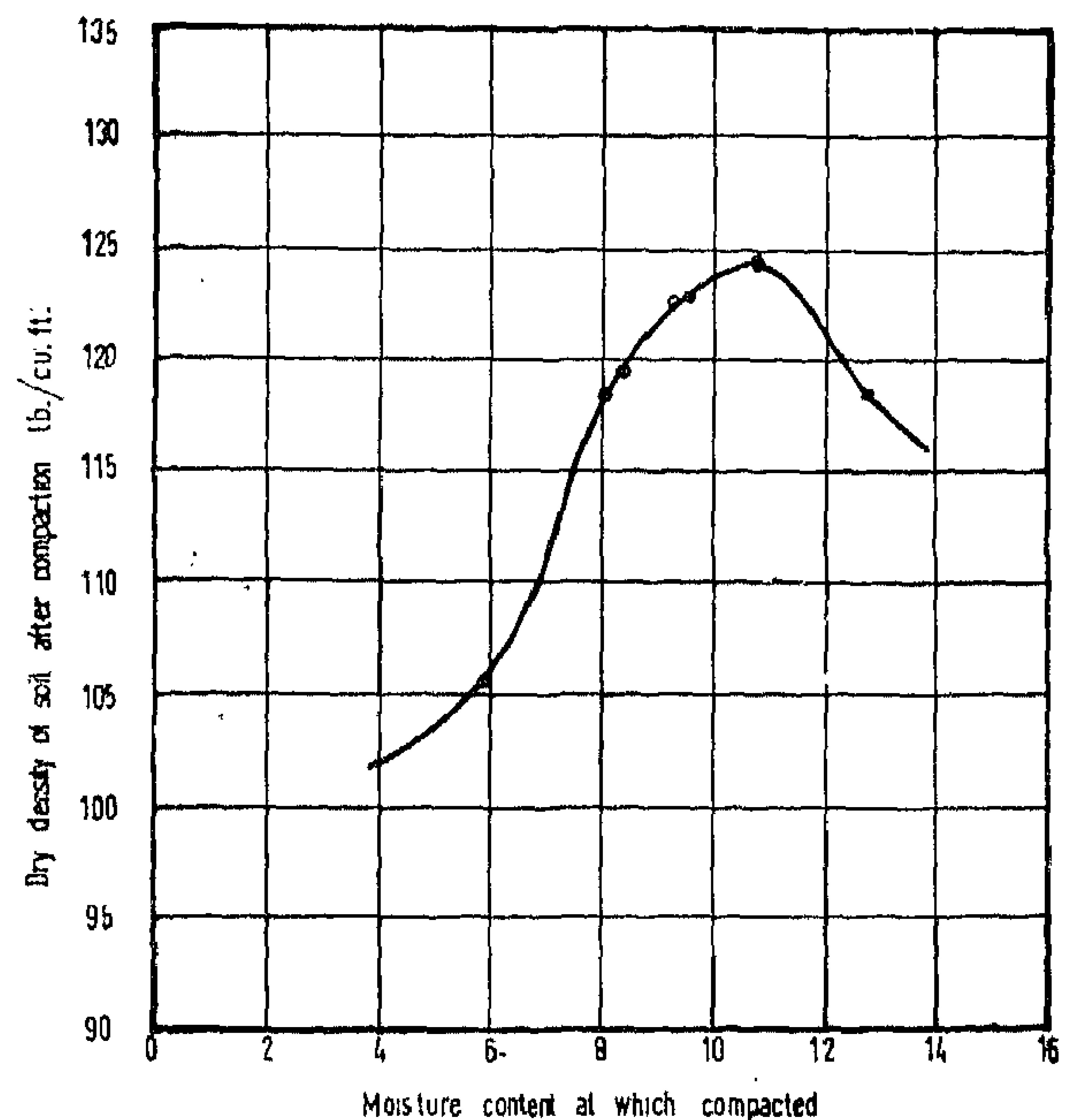


FIG. 7 SHOWING DENSITY OBTAINED WHEN COMPACTING SAND WITH HAND PROPELLED VIBRATING ROLLER AT VARIOUS MOISTURE CONTENTS.

If there is a chance of resonance with some out-of-balance force in the machine and it is to be avoided either to protect the machine or to reduce the dynamic load to the ground, sprung foundation will again have to be used. The springs will generally need to be quite soft compared with the ground (i.e. have a much higher deflection under the weight of the foundation than the deflection of the ground). The ground and the springs are, in effect, two springs in series, of course. But if the ground is very much the stiffer of the two it will play only a small part in determining the stiffness of the whole, so that it can be ignored.

To be effective the springs under the foundation need to have a static deflection sufficiently high to give a natural frequency say one-third of the frequency of the out-of-balance force. Referring to Fig. 4 it will be seen that the amplitude of movement will then be only about one-eighth of the deflection which would be obtained if the peak out-of-balance force were applied to the springs statically.

The actual value of this deflection will of course depend on the total stiffness of all the springs, which, for a given static deflection of the springs, will depend on the total static load on the foundation. To take an example, the peak out-of-balance force might be say 0.1 tons with a frequency of 1320 c.p.m. and the static deflection of the springs say 0.2 in. (corresponding to a natural frequency of 440 c.p.m.). If the total load on the foundation were 5 tons the stiffness of the springs would therefore be 25 tons/in., and the deflection produced by the peak out-of-balance force of 0.1 ton, if it were applied statically, would be 0.004″. However, the dynamic amplification is only one-eight, so that the actual peak deflection when the machine if running would be 0.0005″. Now if instead of being 5 tons the total weight of the foundation had been 10 tons, the static deflection of the springs supporting it being still 0.2 in., the peak deflection under running conditions would have been, by a similar calculation to the one above, only 0.00025″.

Thus the dynamic movement of the machine can be reduced by (a) having relatively soft springs under the foundation and/or (b) increasing the weight of the foundation block. It would be pointed out there is little advantage in making the springs too soft. If for example the 5-ton foundation had been placed on springs with a static deflection of 0.4 in. (i.e. natural frequency 300 c.p.m.) the dynamic magnification (see Fig. 4) would be 0.054. The corresponding amplitude of movement will be 0.00044″. This is only marginally less than the value of 0.0005″ obtained with springs giving 0.2″ static deflection.

There is of course an advantage in using softer springs when it is intended to prevent the out-of-balance force being transmitted to the ground. The peak dynamic force applied to the ground would be 0.0005 × 25 tons i.e. 0.0125 tons in the case of the 0.2 in. deflections springs and only 0.00044″ × 12½ tons = 0.0054 tons in the case of the 0.4″ deflection springs. It will be noted that each of these forces is a considerable reduction on the out-of-balance force of 0.1 ton.

Although a sprung foundation will, as shown above, ensure that there is no resonant build up of the dynamic force at normal running speeds, it has the disadvantage that during starting up or stopping the out-of-balance machine, its speed will for a time coincide with the natural frequency of the springs. At

would probably have been made softer by the water.

The experiments also showed that the natural frequency varied with the shape of the foundation. This is to be expected since the depth to which the bulb of stress penetrates also varies with the shape of the loaded area.

A number of attempts have been made to find by experiment or analysis the natural frequency of foundation ground systems. Possibly the earliest and most quoted investigation was that of the "Degebo" organisation in Germany. They used a contra-rotating disc type of variable speed vibrator mounted on a steel plate. This was bedded on various types of ground in turn and the vibrator slowly speeded up. It was found that resonance occurred at a different speed for each soil type. At this speed the bed plate bounced violently whereas at lower or higher speeds it was relatively still. The resonance speeds for the various soil types were tabulated and have been widely quoted by many other authors as the "natural frequencies" for these particular types of ground. This is completely erroneous, of course. If a much wider or narrower plate with the same load per unit area, or alternatively the same plate with greater or smaller loads on it, had been vibrated it would have been found that the resonant frequency would have varied widely according to the conditions. The Degebo figures are in fact quite meaningless. However, the Degebo tests did at least establish that resonant vibrations can occur.

A number of analytical methods have been suggested for deriving the natural frequency of a foundation ground system by various people (8, 9, 10). Most of these involve making assumptions, not only about the mass of earth vibrating with the foundation, but also of the dynamic constants of the soil. In each case the method of arriving at the effective mass of earth vibrating with the foundation is open to criticism, and in the authors own experiments it appeared from the results that this mass varied as the load on the foundation increased. But the greatest weakness of all the theories is that a value has to be assumed for the elastic constant of the soil or some equivalent parameter. In the author's experience it is just about as easy to guess the natural frequency of a particular foundation on a particular soil as it is to guess the soil constants in the formula.

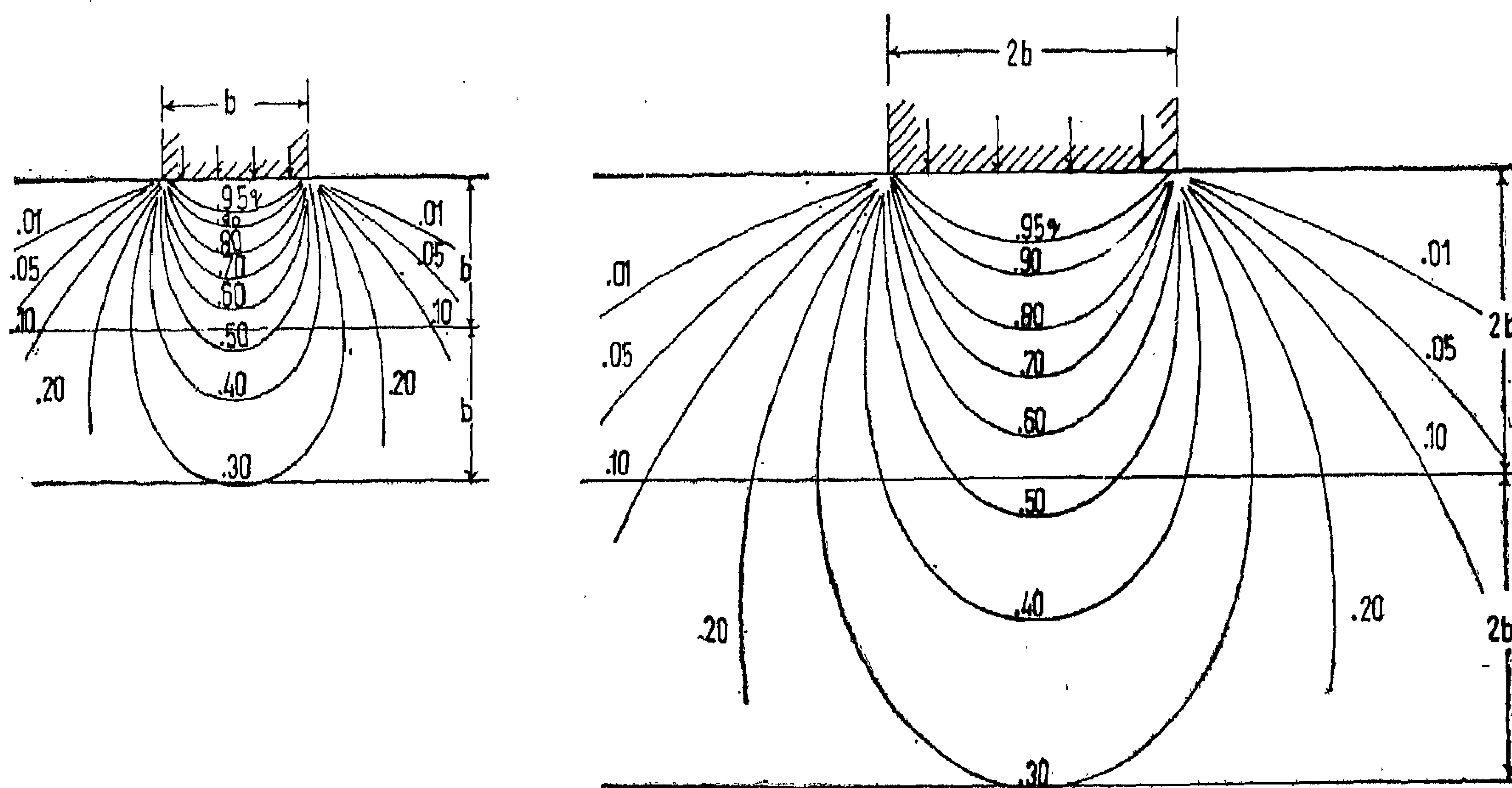
A method which has received considerable publicity is Tschebotarioff's reduced natural frequency method. The reduced natural frequency of any particular site is defined as the natural frequency of any foundation on that site multiplied by the square root of the load on that foundation. He states that this reduced natural frequency is related logarithmically to the area of the foundation and he produced a graph perporting to show this relationship. However, the experimental points which were claimed to be on the graph were in error by anything up to 100 per cent (this was masked by the logarithmic plotting). Also, most of the points on the graph can be shown to be of very dubious validity if their source is investigated. The author has himself derived the so called "reduced natural frequencies" for a number of sites and plotted them on the Tschebotanoff graph. The points were seldom near to the graph. If the analysis leading to the relationship between the reduced natural frequency and the measured frequency is studied it will also be found that it was assumed that the frequency is proportional to area (width would have been more likely) and that the weight of earth vibrating with the foundation is proportional to the load on the foundation (this is extremely unlikely). In view of this the Tschebotarioff method appears to have very little value.

It will be seen from the foregoing that it is still not possible to forecast in advance the resonant frequency of a machine foundation. Experience has shown that generally it will be between 600 and 1400 c.p.m. The higher value will be obtained in dense hard ground with small machines. The bigger the machine and the softer the ground, the nearer will the value be to the lower figure.

Most machines have moving parts which are unbalanced. Sometimes the frequency of the out-of-balance force coincides with the natural frequency of the machine foundation and the ground, and there is resonant build-up. It is not easy to forecast whether this resonance will occur.

The natural frequency of the foundation on the ground will depend on a number of factors the most important of which is the type of ground. The soil or rock is elastic to a certain extent and hence behaves as a spring. The foundation is therefore a spring-borne mass and its natural frequency will be a function of the static elastic deflection. The static deflection depends not only on the elastic modulus of the soil, but also on the stress pattern in the ground. Consider two foundations which are exactly similar in shape but one is twice the width of the other. Each carries the same load/sq. ft. (p say)). The bulb of stress for these two foundations will be as shown in Fig. 6. It will be seen that the depth of ground which is stressed to any given value will be twice as great for the wider foundation as it is for the smaller. Since it is the same material which is being stressed the elastic deflection will be twice as great for the wide foundation. This means that if the weight of soil which is vibrating with the foundation can be neglected the natural frequency of the narrow foundation will be $\sqrt{2}$ times that of the wide foundation. This variation of natural frequency with foundation width is a commonly observed phenomenon in practice.

The author has also conducted small-scale experiments which clearly demonstrated it. Model concrete foundations were struck a single blow with a hammer causing the foundation to vibrate up and down with the ground. These vibrations were measured using a special pick-up. The vibrations decay very rapidly, of course, but there were sufficient of them to measure the natural frequency. Not only did the natural frequency decrease with increasing foundation width, but it also decreased with increasing load per unit area on the foundation, as would be expected. It was also found that when the ground was completely saturated with water the natural frequency was greater than when the ground was dry. The explanation of this was that water is virtually incompressible, so that when all the spaces between the soil particles are filled with water rather than air the ground becomes much stiffer dynamically. If the loads had been applied steadily instead of in the form of a rapid vibration the ground



are provided the vibration will be reduced, but the movement of the foundation when say an operator steps onto it may be excessive. This movement can be made smaller without destroying the vibration suppression by making the foundation block heavier and increasing the number of springs proportionately so that the static deflection of the springs remains the same. The foundation block will generally be located in a pit with an air space all round and the springs underneath. When increasing the size of the block and pit it is better to increase the lateral dimensions rather than the depth because this reduces the tilting when an eccentric load is placed on the foundation. Alternatively, tilting can be reduced by inserting side control mountings between the foundation and the side of the pit (see Fig. 5). A common form of these consists of

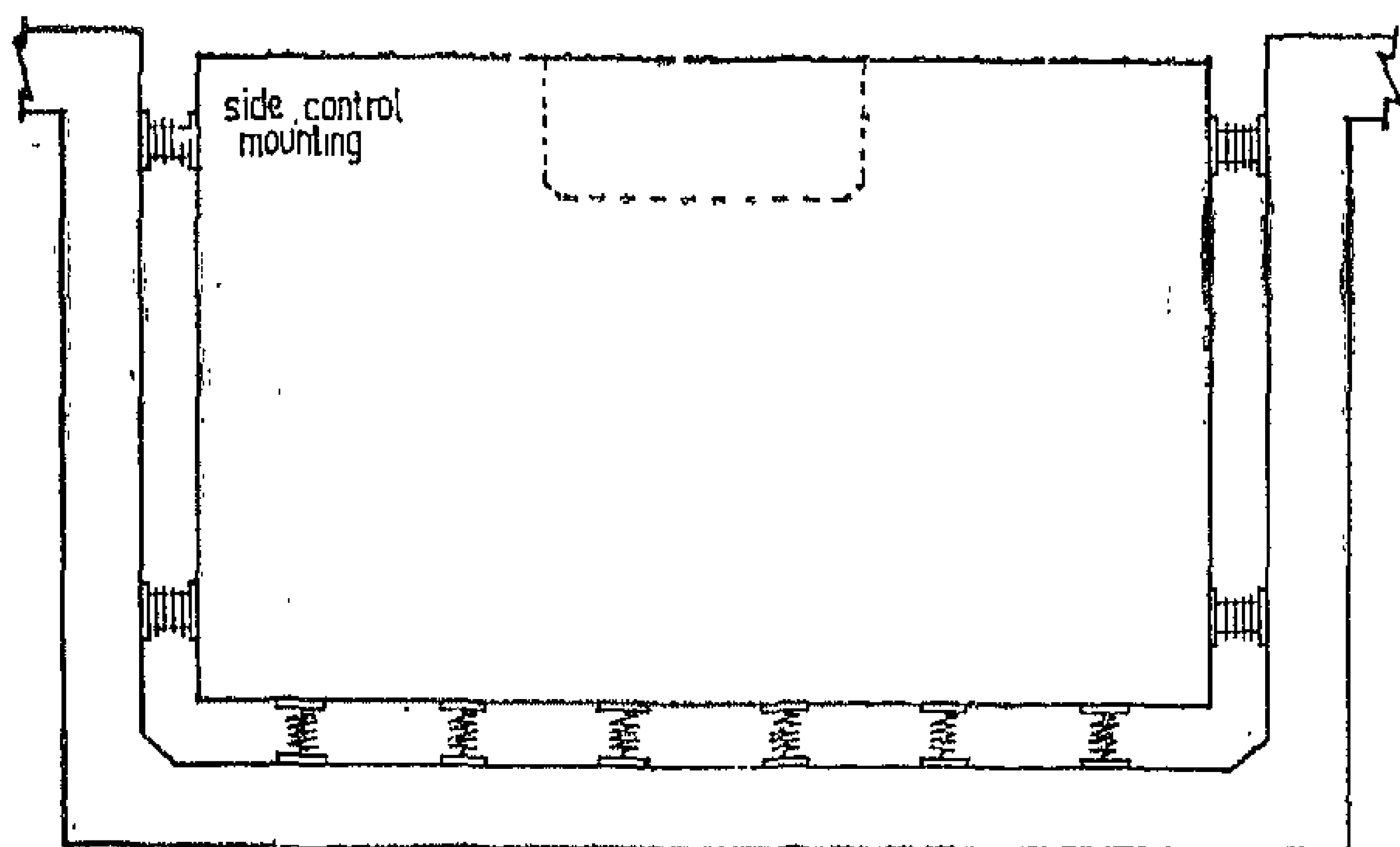


FIG.5 ILLUSTRATING POSITIONING OF SIDE CONTROL MOUNTINGS TO PREVENT TILTING AND ROCKING

alternating thin slices of rubber and steel bonded together. Rubber has a very high bulk modulus so that the sandwich is not easily compressed, but the rubber chosen has a relatively low shear modulus so that the foundation can shear downward relative to the wall of the pit. If the side control mountings are placed near the top and bottom of the foundation they provide a high degree of restraint against tilting without appreciably affecting the performance of the springs in suppressing the vertical vibration. Side control mountings would not be used of course if the ground vibrations were substantially horizontal rather than vertical (horizontal ones can be generated by, for example, horizontal forging machines).

It is worth noting that the springs beneath the foundation can be rubber instead of say steel, but a rather higher static deflection is needed for the rubber than for the steel springs because rubber has a higher dynamic modulus than its static value. The rubber springs need to be isolated blocks or of cellular construction rather than a continuous solid mat. Because of its high bulk modulus a solid mat of rubber would form far too stiff a spring. There are a number of manufacturers of proprietory rubber springs of the block or cellular carpet form. The cellular carpets are generally deflected by only a small amount at the recommended working pressures and two or even more layers will need to be used, separated by say a steel plate, to give the necessary static deflection.

Certain proprietory "anti-vibration" mountings are made from rubber-bonded cork or similar materials. These are quite compressible when first loaded but under repeated or sustained loading they develop a permanent set so that the recoverable deflection is much smaller than the initial deflection. It should be noted that it is the recoverable deflection which determines the vibration suppression. In the past the various manufacturers of this type of material have often recommended the use of a continuous layer under the machine to be isolated. The recoverable static deflection under these conditions is so small that protection is only obtained from vibrations of very high frequency, and for lower frequency vibration the mounting may have the opposite effect to that intended. Because the properties of materials in this group are likely to change with time they are not so suitable as steel or the better types of rubber mountings. But if they are used, they will generally be more effective is used in the form of isolated thick pieces of small plan area rather than in thin sheets under the whole of the base.

(b) *Foundation Vibrations Caused by an Out-of-Balance Machine Mounted on a Foundation.*

the frequency of the movement of the ground approaches the natural frequency of the mass on the spring ($\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\Delta}}$) a state of resonance will be reached and the vibrations of the mass will become very exuberant indeed, so that if there is no internal damping in the system the amplitude of the mass approaches infinity. If the ground movement is speeded up still more the amplitude of the mass begins to decrease and eventually a stage is reached in which the ground is oscillating so rapidly that the spring borne mass cannot follow it and the mass becomes virtually stationary. All this is illustrated in Fig. 4 which also shows the effect of damping on the movement of the mass.

It will be seen that if the natural frequency of the mass on its spring is only say one-third of the frequency of vibration in the ground, the mass moves only about an eighth as much as the ground. Thus, to take an example, if the ground were vibrating with an amplitude of 0.0001″ at 1000 cycles/min. and the mass had a natural frequency on its springs of 333 cycles/min. the amplitude of movement of the mass would be only 0.000125″. To give a natural frequency of 333 C.P.M. or 5.5 c.p.s., the static deflection of the springs under the weight of the mass would have to be 0.32 in.

It will be seen from Fig. 4 that any spring support which has a natural frequency less than about 70 % of the frequency of the ground vibration will result in a vibration of the foundation smaller in amplitude than that of the ground. The static deflection of the springs corresponding to this natural frequency of 70 % of 1000 (returning to the example above) is 0.07 in. If the springs inserted under the machine and its foundation have a static deflection of less than 0.07 in., the vibration of the machine will actually be greater than that in the ground which is causing it. Very often relatively thin layers of cork or rubber or fibre board are placed under machines to isolate them from the effects of ground vibrations. Generally these materials are relatively incompressible and their elastic deflection under the weight of the machine is too small to provide an amplitude reduction. Indeed in many cases the vibration of the machine will be slightly increased rather than reduced by this form of mounting.

Where springs which are sufficiently soft

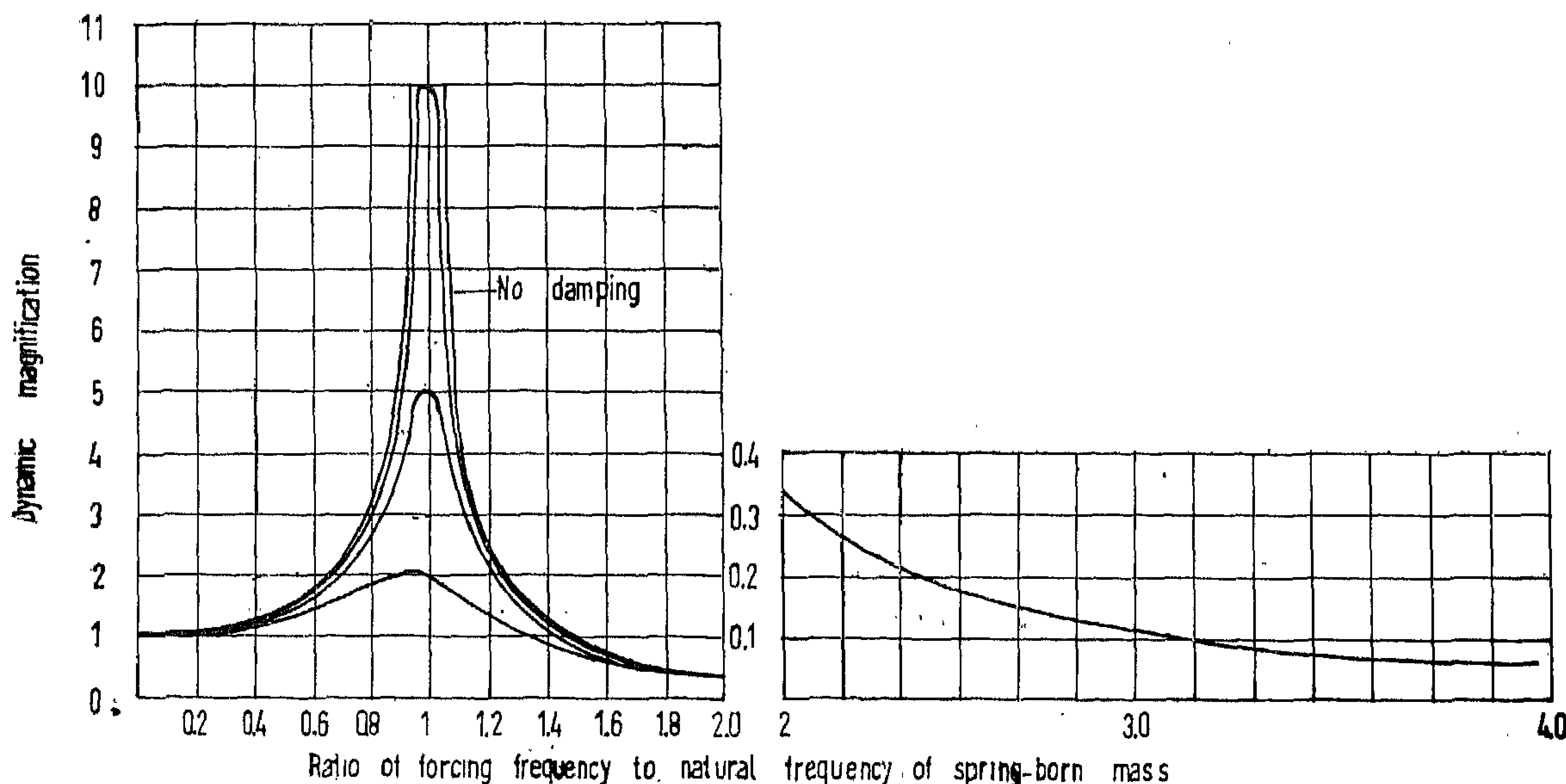


FIG. 4 SHOWING DYNAMIC MAGNIFIER FOR FORCED VIBRATIONS I.E RATIO OF DYNAMIC MOVEMENT TO MOVEMENT WHICH WOULD BE OBTAINED IF SAME FORCE APPLIED STATICALLY.

in tension of course and this results in a vertical crack forming in the middle of the side. This crack gradually extends vertically until it eventually reaches right round the block.

Because of this mode of failure it was found that a limestone concrete had a longer impact life than a concrete made with granite or marble each of which had a higher static crushing strength. The Poisson's ratio of the limestone was about 0.2 compared with about 0.33 for the granite and marble.

If reinforcement is used to control the cracking it was found to be better to place it horizontally half way up the block and near the outer faces, rather than near the top and bottom which are the traditional places.

Another tremendously important factor is the prevention of dust formation at the top of the block. The impact of the anvil tends to gradually break off the latence layer on the top of the concrete in the form of fine dust. Due to the vibrations this dust tends to collect in one place and this forms a high spot where the impact is concentrated. It was found that grinding off the latence from the top of the block could increase the life by up to three times.

VIBRATION IN FOUNDATIONS

A machine foundation may be subject to excessive vibration from either of two causes. There may be a vibration travelling through the ground from some external source which excites the foundation. Alternatively the machine which is mounted on the foundation may generate some out of balance force or couple which causes the foundation to vibrate, with the ground underneath acting as a spring.

(a) *Foundation Vibrations due to some External Source*

It is relatively simple to isolate a machine foundation from a vibration which is passing through the ground beneath it. It is only necessary for the foundation to be separated from the ground by relatively soft springs. The softer the springs the greater will be the degree of insulation, although springs which are too soft can be undesirable in other respects as will be seen later.

The insulating action of the springs can be explained as follows. Consider a spring born mass $\frac{W}{g}$ the spring stiffness being such that it deflects $\triangle$ under mass $\frac{W}{g}$ as illustrated in Fig. 3. It the mass is depressed on the spring and then released it will oscillate up and down with a natural frequency given by $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\triangle}}$. Now if the ground to which the bottom end of the spring is attached is moved up and down very slowly it will be found that the mass will move up and down with approximately the same amplitude. If the movement of the ground is gradually speeded up but the amplitude is kept constant it will be found that the mass w/g will begin to move with a bigger amplitude than the ground. As

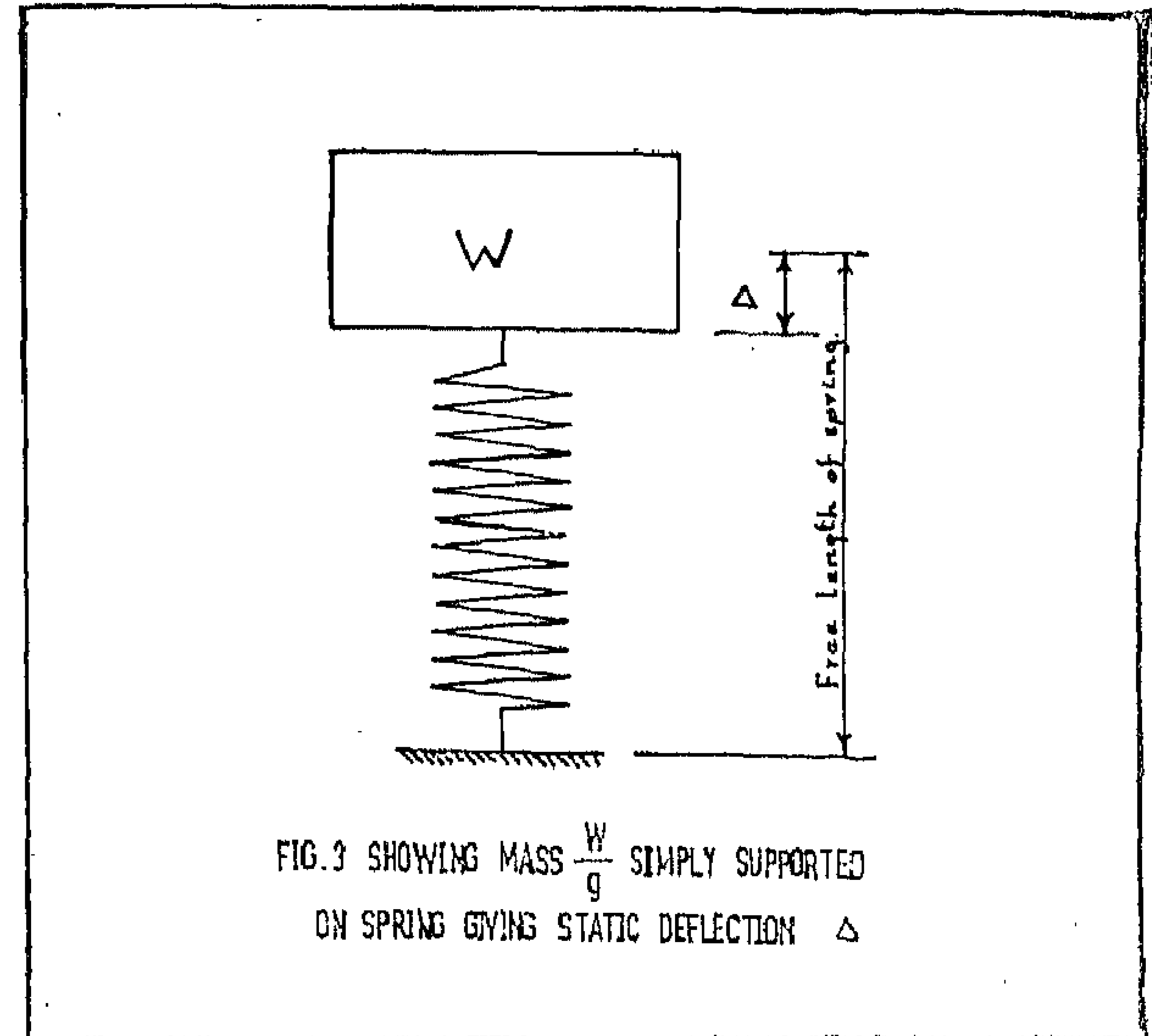


FIG. 3 SHOWING MASS $\frac{W}{g}$ SIMPLY SUPPORTED ON SPRING GIVING STATIC DEFLECTION Δ

shop floor level. There is a stream just outside the factory and this controls the ground water level within a range of 1 or 2 ft. so that the bottom of the concrete of the foundation is always immersed. The top of the concrete is protected by a layer of asphalt so that the concrete should be permanently under almost 100 % relative humidity conditions. The concrete mix has been designed to give very low shrinkage and it has been reinforced with hot rolled high tensile steel bars. Work which we are doing at Sheffield University has shown that these hot rolled bars are much more effective than mild steel for shrinkage cracking control. They do not exhibit a marked yield characteristic like mild steel and if a microscopic tension crack does develop in the concrete it is less likely to grow into a wide one.

An analysis was carried out, assuming the concrete bed and the soil to form a perfectly elastic beam on an elastic foundation, to find the greatest deflections which will occur as a particularly heavy lathe moves along the production line. The calculated deflections are well within the allowable limits.

The production lines are now in an advanced state of construction and should be in operation later this year.

IMPACT RESISTANCE OF CONCRETE

Another recent field of investigation is that of impact strength of concrete with particular reference to large forging hammers. These forging hammers have a large dropping weight which may be as large as 20 or 30 tons and this hammers the work on a steel anvil weighing ten or more times as much as the dropping weight.

The anvil rests on a concrete foundation block which may weigh as much as 1000 tons for a large hammer.

The manufacturers of the forging hammers usually give very little advice concerning the concrete for the foundation and what advice they do give is often quite contradictory. For example, it is sometimes said that the concrete should not be too strong because it becomes too brittle. Certainly there is some evidence to support this view from investigations into the effect of explosives on concrete which was carried out in the 1939-45 war, and it is well known that often less work has to be done in a crushing test to break a high strength concrete than to break a medium strength one (see Fig. 2).

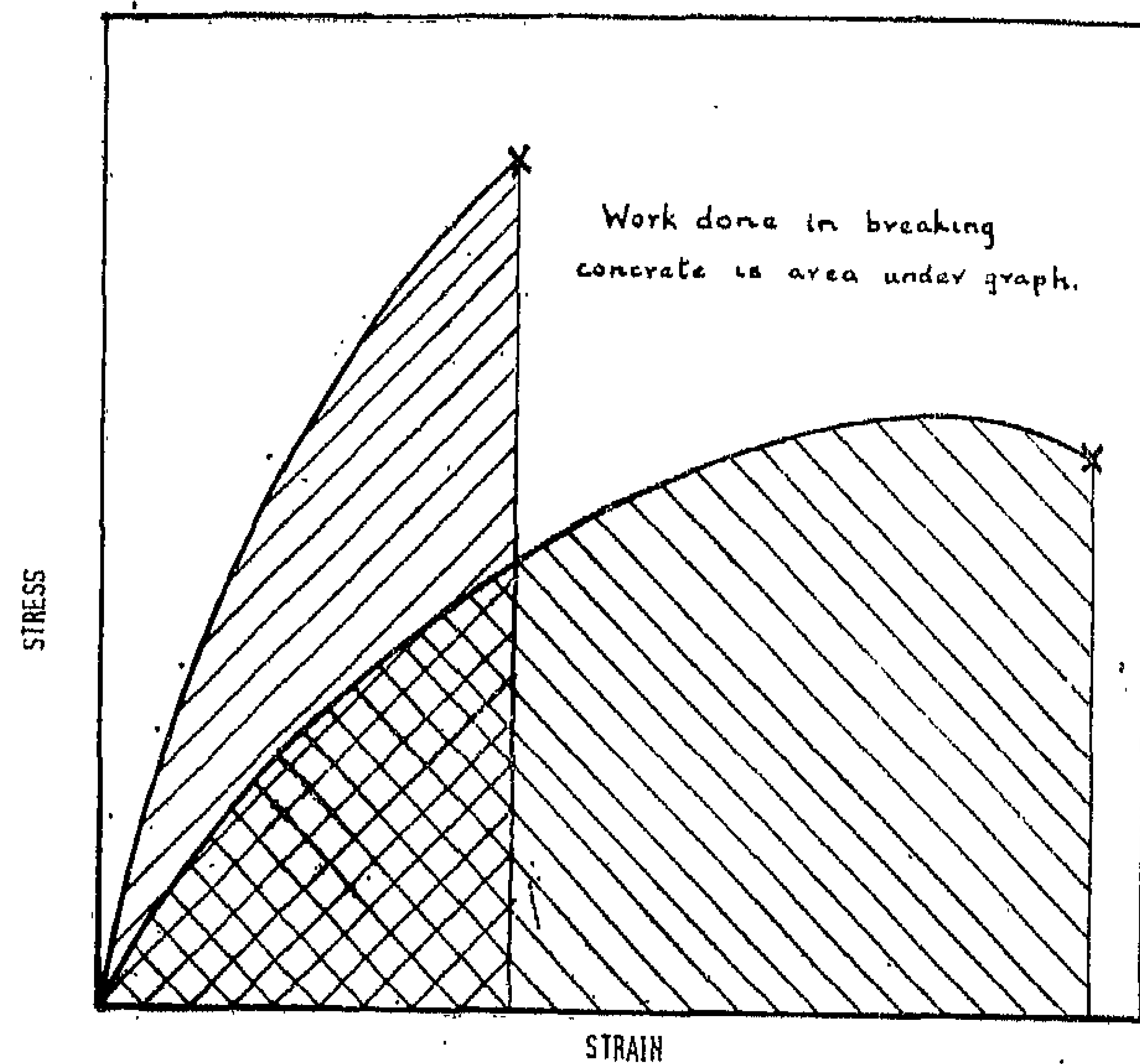


FIG. 2 STRESS-STRAIN GRAPHS TO FAILURE FOR A HIGH STRENGTH CONCRETE AND A MEDIUM STRENGTH CONCRETE LOADED IN COMPRESSION

We have built a tilt hammer in the University to investigate this matter and this has shown that high strength concrete is in fact very desirable.

However, the tests have also revealed that a very important factor is the Poisson's ratio of the stone used to make the concrete. If the aggregate has a low Poisson's ratio the impact life is much greater. The explanation of this is that under the hammer blow the central part of the concrete block is placed in a high state of compression. This results in the centre of the block shortening in the vertical direction, but due to the Poisson's ratio effect the concrete expands laterally. The concrete near the outside of the block is not compressed by the blow, but it will be stretched horizontally and placed in a state of horizontal tension by lateral expansion of the internal concrete. Concrete is relatively weak

seasons, and the depth to which the top of the block is dried out by the atmosphere will also change. A better way to construct the block, therefore, is to line the foundation excavation with a thin wall (say brickwork) on which is placed asphalt "tanking" say ⅜ in. thick. The foundation block is then placed inside this tanking. Sufficient time must then be allowed for the foundation to dry out completely before mounting the machine on it. Moisture movements due to water drawn from the ground will thus be obviated. The outer lining of the pit must be of relatively weak construction of course, or it may tend to distort the inner foundation.

The block, if constructed in this way, will still be subject to temperature movement, of course, because the bottom of the block will be at the ground temperature whilst the temperature at the top will fluctuate with that in the room. As pointed out earlier this effect can be minimised by using a free-standing foundation set in a pit, with an air space all round and also underneath for as much of the length as possible. Provided that the relative humidity of the atmosphere can then be kept within the range at which moisture changes are a minimum (35 to 50 per cent) movements will be very small. They can also be reduced by painting the free-standing foundation block with bitumen or other suitable paint to prevent moisture content changes.

Steel reinforcement in the foundation block will also help because the steel will resist moisture movement, and of course the advice given earlier about the concrete mixes should be observed.

I have recently had the interesting task of helping with a very special form of precise foundation of very considerable length.

As most of you will know the traditional way for the manufacturers to assemble a machine tool such as a lathe is to build it in the middle of the floor, the various parts being carried to the machine as they are needed. This is reminiscent of the methods used in the early days of the motor car industry. Production line methods with the lathes being built up as they move along a conveyor, have not been possible because any normal form of conveyor would not be sufficiently free from distortion and this would prevent the lathe from being accurately constructed.

My clients were particularly anxious to have the advantage of production line methods and we have, I think, got a very satisfactory solution to their problem. The lathes will be mounted and built, not on a conveyor, but on a very rigid concrete raft. Each raft is rather bigger in plan than the lathe it has to carry and has a very rigid cast iron frame to limit distortions as the weight of the lathe is applied to it. The raft moves along the production line, not on wheels but on a hydro-flow track. The principal of this is that oil flows under pressure through a very tiny capillary opening in a carefully machined bed. When no raft is over the opening the oil merely discharges to atmosphere and eventually drains back to a sump to be used again. The raft has machined shoes which float on the film of oil emerging from the holes beneath the shoe. The rafts move along the production line nose to tail, a hydraulic ram at the starting end providing the motive power.

Each of the production lines is some 300 ft. long and the hydro-flow bed has to have a degree of accuracy of alignment which has probably never been called for in any previous project. The lathe frames moving along the line must not depart from true alignment by more than a fraction of 0.001 in. in 10 ft. length and there must also be a freedom from twisting in excess of about 5 second of angle in a length of 10 ft. Setting up a bed with this order of accuracy involves very advanced survey techniques as well as quite formidable problems in concrete technology and soil mechanics.

The concrete foundation has been taken down to some gravel deposits which vary in depth between about 8 ft. and 16 ft. below

the concrete will be trying to shrink relative to the bottom.

So far as Egyptian conditions are concerned the relative humidity may often be about 40 % for long periods in the summer, whereas it will be nearer 100 % during rainy weather. The moisture movements are likely to be just about as great as in the U.K. therefore.

Best form of foundation to avoid moisture movements.

Due to the shrinkage at the top a normal type of foundation block will be trying to curl up and produce a concave upper surface. This is clearly undesirable for a machine which has many points of support.

There is no information available concerning the moisture content variation with depth for the concrete block but if a linear variation of shrinkage from top to bottom of the block is assumed the curvature and departure from the straight can be calculated. For a 10 ft. long by 2 ft. deep foundation in which the unrestralned shrinkage would be 0.0005 in. per in. of length, the radius of curvature adopted would be 400 ft. and the departure from the straight will be 0.0375 in. In some machines a departure of one per cent of 0.0375 in. from the straight might be intolerable so that the moisture movement associated with quite small changes of humidity would be a serious matter.

Our work at Sheffield is showing that the time taken for shrinkage due to moisture gradients in a concrete block to develop is much greater than was previously suspected. Some previous experiments in which we investigated the change of Young's modulus and the dynamic damping of concrete had shown that beams of quite large cross-section lost most of their moisture content in 3 or 4 days if exposed to the atmosphere in the laboratory. Correspondingly the major part of the change in Young's modulus also took place in only 3 or 4 days.

The shrinkage tests have shown that, although the shrinkage specimens also lose perhaps 90 % of their free water in 3 or 4 days there is very little shrinkage during this period. Most of the shrinkage is associated with the loss of the last few per cent of the water, which is only extracted from the concrete at a very slow rate. Thus a slab of concrete only 5″ thick which was coated with bitumen on the under side to prevent evaporation was still curling up after 28 days. Straightening out (indicating that the bottom was now shrinking faster than the top) didn't start until nearly 2 months after the tests commenced. These experimental slabs are stored in a temperature of 65°F and 40 % relative humidity.

Because climatic conditions particularly the humidity vary very rapidly in the U.K. and the average value is also high, it may well be that we have less cause for worry so far as shrinkage is concerned than you have in Egypt where for many months the humidity may be very low continuously followed by a period when the humidity is relatively high.

There would clearly be advantage in making the block deeper. Firstly, it would be likely that only a relatively thin slice at the top of the block would be dried by the atmosphere during a dry period and all the lower part would remain damp. The relatively thin section which was subject to moisture movements would not be capable of deforming the rest of the block to such a high degree. The second advantage of the deep block would be that for a given change in length of the top of the block relative to the bottom the curvature taken up by the block would be smaller. The departure from the straight must also be smaller, therefore. Transverse slots across the top of a deep block would also reduce the effect of fluctuations which only penetrate to a shallow depth.

Clearly, a foundation block burried in the ground must be far from perfect in cases where a highly stable foundation is required, because the moisture conditions in the ground under the block are likely to change with the

necessary to reduce the size of aggregate for a thin layer at the surface. If the mix is changed it is important that this be a thin layer to avoid distortion due to differential shrinkage.

Stone type is also important because some rocks have a higher modulus and are better able to resist the shrinkage stresses set up by the mortar. It has been reported that dense quartz gravel, felspar and limestone give small shrinkage, granite is intermediate and slate and sandstone give large shrinkage. The position of granite in this list is a little surprising since it has a high modulus, but it may well be that the value refers to granite particles which are flake shaped rather than cubical. Most crushed granites aggregates are flakey and it may be that these do not compact so closely together in the concrete mix as in the case of a more rounded or cubical stone. This will increase the amount of mortar separating them and this increase the shrinkage.

Dolorite rocks are liable to shrink very considerably and this has recently resulted in failures of prestressed units in the U.K. due to loss of prestress.

It has been suggested that in order to reduce the amount of mortar separating the stones there are advantages in tipping the coarse aggregate into the formwork first and then grouting up with an appropriate cement grout. This technique has been used on a number of occasions. However, the disadvantages of this procedure is that although additives can be used to make the grout flow easily the water/cement ratio has to be very high to ensure complete penetration into the stone mass. This inevitably means large contraction in the matrix between the stones and it seems to the author that the resultant moisture movement of the whole mass may be as much as for ordinary concrete. Further evidence is needed on this point.

It should also be mentioned that certain additives when added to cement can cause it to expand when setting. By controlling the amount of additive the permanent shrinkage can be reduced to zero. However, the resultant concrete is still subject to moisture movements after the concrete has completely hardened. Since the permanent shrinkage will usually have taken place before a machine tool is placed on its foundation there appears to be little advantage in using additives to get rid of it.

(iii) *Moisture Conditions for a Normal Foundation.* A normal form of foundation which embedded in the ground will be subjected to nearly 100 % humidity conditions for most of the time at the faces which are in contact with the moist ground. The upper face will be subjected to varying humidities as conditions change in the workshop. Fluctuations of a few hours duration will not cause changes of any consequence in the moisture content with the depth of the foundation block and we need only consider mean humidities over a period of say 24 hours or longer.

In the United Kingdom during the summer months there will be little artificial heating in a normal workshop so that the relative humidity will approximate to that outside. Generally the 24 hours mean relative humidity in the summer has been found (Meteorological Office records at Kew) to be rarely less than 60 %. This figure is reached on only 12 occasions per year on the average and it occurs on successive days only about twice per year. Thus it would seem that 60 per cent humidity in the workshop is the lowest that need be considered in Summer. On the other hand, although the relative humidity outside is highest in winter the air is raised in temperature by some 30° say inside the workshop. A relative humidity of 85 per cent at 40°F becomes 28 per cent when the same air is raised to 70° indoors. In Fig. 6 it was shown that moisture shrinkage was greatest when the relative humidity was about 40-45 per cent. It seems likely therefore that there will be many occasions in say spring and autumn when the relative humidity will be at about the most critical value. The top of

high humidities in its early life it will have inherently less shrinkage than a concrete carbonated at relatively low humidity. The difference in behaviour is probably due to the formation of different crystalline forms under the two different curing conditions.

(ii) *Magnitude of movements.* The amount of shrinkage associated with the setting of concrete and drying to equilibrium in an atmosphere of 50 % relative humidity will generally be between 0.04 % and 0.07 % but may be as high as 0.25 % depending on a number of factors. These limits correspond to changes in length of between 0.48 in. and 3 in. per 100 ft. Fortunately, most machines will be placed on a foundation which has already hardened and is probably largely dried out. Thus the moisture movement which occurs after installing the machine will be no more than a small fraction of the figures quoted above. Nevertheless it will in many cases be far more than is desirable or even tolerable.

The magnitude of the moisture movement is affected by many factors which are under the control of the foundation designer, and the total movement can be kept to a minimum by using an appropriate concrete mix and construction technique.

Since most of the shrinkage originates in the mortar between the stone aggregate it is clearly desirable to reduce the amount of mortar. A lean-mix concrete with as little cement as possible compatible with the attainment of adequate strength should always be used. A 1 : 2 : 4 mix will give sufficient strength for most purposes and it may even be possible to use a leaner mix than that in many cases.

A wet mix is also undesirable since the total volume of water-filled pores which will contract on drying is greater. As is well-known, a dry mix is also a strong mix provided that it is properly compacted, so there is added incentive to keep the water/cement ratio as low as possible.

The size of coarse aggregate is also important. If a large stone, say 1½ in. or even 2 in. maximum size is used the stones are much more likely to be in direct contact with each other and the amount of mortar separating them will be reduced. Since most of the shrinkage occurs in the mortar it too will clearly be reduced. It is also true that for a given crushing strength a concrete made with large coarse aggregate will generally need less cement and sand. If advantage is taken of this also the effects so far as shrinkage is concerned will be cumulative.

Table 1 shows some typical shrinkage values for mixes containing aggregates of various maximum sizes and with different water contents. The "slump" refers to a well-known test in the U.K. which I presume you use in the U.A.R. to determine the workability of the concrete after mixing. A 2 in. slump is probably about average for reasonable good concrete whilst a 6 in. slump represents an undesirably wet concrete. Such a large slump will not produce a high grade concrete but it is still used quite often unfortunately.

TABLE 1

Shrinkage Values for Various Concretes.

aggregate	slump	shrinkage
¾″	2	0.00063
	4	0.00071
	6	0.00079
1½″	2	0.00044
	4	0.00050
	6	0.00056
2″	2	0.00037
	4	0.00041
	6	0.00045

It will be seen that the driest mix with 2 in. maximum size aggregates shrinks less than half as much as the wettest mix with ¾″ aggregate. The large aggregate has the disadvantage that it is not easy to obtain a smooth screeded surface to the concrete. Where a good surface finish is essential it may be

permanent shrinkage by an amount called the "moisture movement". Every time the moisture content of the concrete changes during its lifetime there will be a change of volume to the appropriate place in the moisture movement range.

The permanent shrinkage is a vital feature of reinforced concrete since it is this which causes the concrete to grip the steel bars firmly. Forces applied to the concrete are transmitted to the steel, and the strains in the steel bars change along their length to match the strain in the surrounding concrete. The permanent shrinkage is not of great consequence so far as creating movements in a machine tool foundation is concerned provided that the machine is not mounted on the foundation before the hardening process in the concrete is substantially complete (a month after casting say). It will be dismissed briefly, therefore, by saying that the cause of it is that as water combines chemically with the cement during the hardening period the volume occupied by the cement and water after combination is less than that before combination. The cement "gel" as it shrinks, pulls on the surrounding stone aggregate and there is a general contraction of volume.

The nature and causes of the "moisture movement" are complex. If a sample of concrete with is initially saturated is air-dried at different humidities and a graph plotted of the shrinkage obtained for each humidity a relationship of the form shown in Fig. 1 is obtained. It will be seen that the maximum shrinkage does not generally occur when the concrete is air-dried at a very low relative humidity. In general it occurs at relative humidities in the region of 40 %, but this will vary with the proportions of the concrete mix, the type of cement, the type of aggregate and whether the hardening of the concrete was very advanced before drying commenced.

Freyssinet put forward an explanation of the shrinkage mechanism. He assumed that

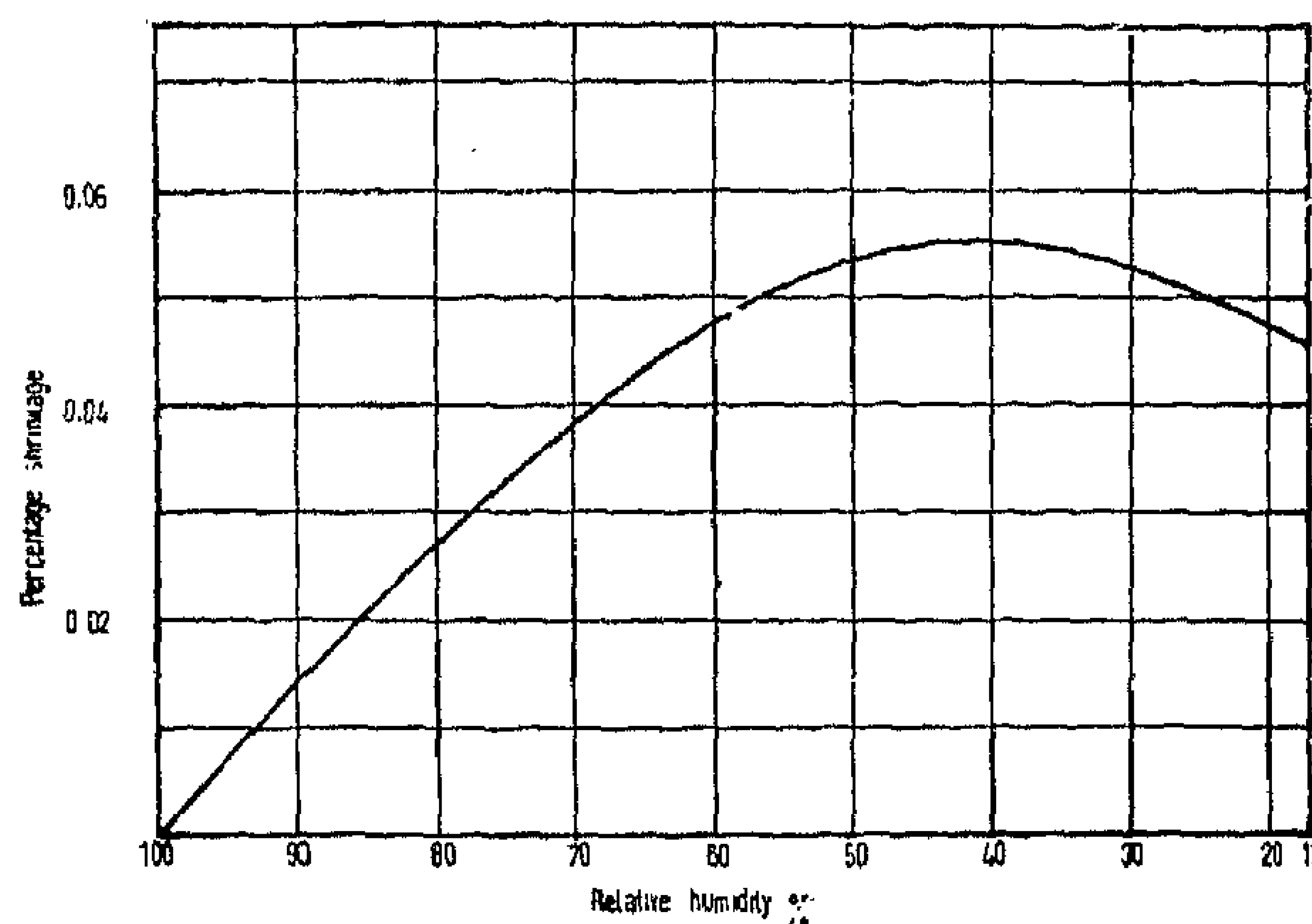


FIG.1 RELATION BETWEEN SHRINKAGE OF CONCRETE AND HUMIDITY AT WHICH IT IS EXPOSED

as water evaporates the larger capillaries within the concrete will lose their water. At each end of the capillaries which are still filled there will be a radial surface tension force pulling at the walls. There will be such an enormous number of these tiny capillaries that their combined effect will be to cause the concrete mass to contract.

If this explanation were a complete one the concrete should start to expand again when the moisture content reaches such a low value that not enough capillaries have water in them to produce the necessary surface tension forces. When the concrete becomes completely dry the concrete should return to exactly the same volume that it occupied when fully saturated. It does not do this.

An explanation put forward by Kalousek (1) is that at a very low humidities the drying of the concrete proceeds to the state when some of the absorbed water in the cement gel is lost and this produces a very pronounced tendency to shrinkage. This shrinkage is sufficient to nullify a large part of the expansion which is tending to occur due to the emptying of the capillaries.

It is certain that other factors enter into the matter as well. For example, considerable changes in the shrinkage characteristics can be attributed to carbonation of the concrete by atmospheric carbon dioxide. If the concrete is exposed to carbon dioxide at relatively

undertaken by one of your countrymen who is working wih us for a Ph.D. degree.

Some parts of my talk will deal with information which is well-known to Civil Engineers and some with information which is well-known to Mechanical Engineers. But I hope that all Engineers present will find something new in it.

CONCRETE FOR FOUNDATIONS

Concrete is an excellent foundation material for machine tools in many respects. It has very adequate strength, is cheap and easy to make, and can be cast to any desired shape with appropriate fixings for the machine.

Nevertheless, it has some undesirable properties in that it changes its length very markedly with changing humidity and also to a smaller extent with temperature, although this latter is not so serious in many cases since the machine tool will also be responding to temperature changes. Probably because of these factors it has often been found necessary with very accurate machines to house them in controlled atmospheric conditions, although the stated object usually seems to be to control changes in the machine itself rather than in the foundation. The following discussion will show how important changes in the foundation may be.

VOLUME CHANGES IN CONCRETE

(a) *Movements due to temperature change.* Temperature movements in the concrete foundation are probably much smaller than those due to other causes discussed later, but because they are simpler in character they will be dealt with first.

The coefficient of linear expansion of concrete made from granite or other igneous rocks is about 0.000010 in. per in. per °C. Some considerable variations from this figure have been reported for other types of aggregate. For example, quartz gravel can give a value between 0.000012 and 0.0000145 whilst the value for a limestone concrete may be as low as 0.000006-0.000008. The coefficient is generally fairly close to that of steel (0.000011) so that a similar temperature change in the foundation and the machine will not result in the foundation imposing much restraint on the machine frame. However, the major part of the foundation block is embedded in the ground and this will prevent the exposed part from responding to short term temperature fluctuations. This may well result in horizontal shearing reactions at the holding down bolts which could distort the machine. The amount of the probable distortion can be gauged from the fact that the machine will expand about 0.25 in. per 100 ft. length for a change of temperature of only 20°C.

If the effects of temperature are to be a minimum it is desirable to use a foundation concrete made from granite or quartz gravel aggregate which will give an expansion coefficient close to that of steel. It would also help greatly if the foundation block could be constructed in a pit so as to leave an air space all round it. The gap between the pit and foundation would have to be covered with chequer plate, preferably of the open type so as to allow free circulation of air to keep the foundaion block at the same temperature as the machine tool.

Transverse slots cut in the top of the concrete foundation will also reduce temperature warping.

(b) *Movements due to moisture change and setting shrinkage.*

(i) *Causes of movement.* If new concrete is allowed to dry out completely after hardening it shrinks by an amount known as the "initial shrinkage". If the concrete is then rewetted by say immersing in water it expands, but does not regain its original volume. It will be smaller than its original volume by an amount called the "permanent shrinkage".

The initial shrinkage is greater than the

STABLE FOUNDATIONS FOR MACHINE TOOLS WITH PARTICULAR REFERENCE TO MOVEMENTS IN THE SOIL AND CONCRETE

Lecture by

Dr. W. EASTWOOD, Ph.D., M.I.C.E., M.I.Str.E.,
Senior Lecturer, Sheffield University.

Mr. Chairman, Gentlemen,

First may I say how pleased I am to break my journey in Cairo for a few days to give this lecture. I feel very honoured indeed to have been asked and am thoroughly enjoying my visit here.

My talk will, I hope, be of interest to both Mechanical Engineers and to Civil Engineers. Machine tool foundations generally do not need any special treatment to give the degree of stability required by the machine. Only in the case of very accurate machines or ones of unusual size need special precautions be taken to limit the movements due to changes in length of the concrete or to shrinkage or swelling of the underlying soil. Sometimes too there may be the necessity to protect the machine and its foundation from vibrations in the ground.

Strangely, it seems that only very rarely has the Mechanical Engineer called in the type of Civil Engineer who is highly skilled in matters concerning micro-movements in the soil and concrete to help solve his problems.

I had very little experience of the special foundation problems of the precision machine tool industry until some two or three years ago. In Sheffield University I had been engaged on work concerning the shrinkage of concrete and the factors which affect it, on problems concerning soil mechanics and had also for some years advised at home and abroad on anti-vibration foundations for large forging hammers, motor generator sets, etc... Because of this special experience I was approached by a firm of machine tool manufacturers to advise on the foundation for a large precision grinder which was shortly to be moved from a site where it had not worked successfully to a new location.

The machine was intended to carry out only one operation. It was owned by a cellophane manufacturing firm and it had to grind two knife edges between which sheets of cellophane were to be extruded. The cellophane is eventually used mainly for wrapping packets of cigarettes but it is made in continuous sheets about 10 ft. wide. The sheeting is as thin as 0.001 in. so that the two knife-edges were to be set parallel to each other and only 0.001 in. apart. Experience had shown that if due to inaccuracies in grinding the knife edges departed by about 0.0001 in. from the straight line the cellophane broke or deformed.

Although the grinder will only be used to grind these knife edges, the owners were going to the expense of installing it at a site well out in the countryside close to a river estuary in a new building specially constructed. It was known that there was slight ground vibration from a nearby railway, but it was not until the construction of the building was started that it was discovered that there was a further complication in that the ground was a very weak loose silt overlying wet clay.

Whilst acting as adviser on this project I was asked if I could give general advice which would be of use to the whole machine tool industry. The report I wrote is really the basis of my lecture this evening although I have added new information concerning shrinkage of concrete and on impact strength of concrete which we have recently obtained in our investigations at Sheffield, and have taken out a great deal concerning soil mechanics because it would be already well-known to an audience of Civil Engineers. I am pleased to say that part of the research on concrete which I shall mention is being

Boiling point at 0.01 mm 158-160°C.
Melting point not sharp.

It was further tried to prepare the Grignard compound of trimethyl-p-chlorobenzylsilane using Dioxan as solvent and under the addition of a particle of iodine. No reaction took place even under reflux boiling at 101°C.

Reaction of p-chlorobenzy lchloride with Dimethyldichlorosilane:

32.2 g (1/5 mol) p-chlorobenzyl chloride were dissolved in 200 cc of absolute ether and dropped slowly on 9.72 (2/5 mol) magnesium turnings. The reaction was started by a slight warming. After addition of all the p-chlorobenzyl chloride solution, the content of the flask was boiled under reflux during half an hour. Hereafter 104 g (2/5 mol) dimethyldichlorosilane, dissolved in 100 cc absolute ether, were added slowly. The heat of reaction brought the ether to boil. Here also a white precipitate of magnesium chloride was formed and it was also noticed that half of the magnesium remained in the flask, indicating that in this reaction too only one atom of chloride reacted with magnesium.

The residue, after filtration and evaporation of the ether, was distilled under a presure of 25 mm mercury giving a fraction boiling at 143-145°C under the mentioned pressure. This fraction is denominated hereafter as SH1.

Another fraction was obtained at 159-161°C when distilling the rest of the residue at 0.01 mm of mercury. It solidified after cooling to a white substance melting at 63°C and was identified to be Bis-p-chlorobenzyldimethylsilane (SH2).

Yield of Dimethyl-p-chlorobenzylchlorosilane (SH1) = 15.2 g

Yield of Bis-p-chlorobenzyldimethylsilane (SH2) = 5.7 g

Analysis and physical data of Dimethyl-p-chlorobenzylchlorosilane

	Found	Calculated for
Si	11.86 %	12.80 %
C	50.00 %	49.32 %
H	5.77 %	5.47 %
Cl	31.45 %	32.35 %

Boiling point at 25 mm of mercury : 143-145°C

Analysis and physical data of Bis-p-chlorobenzyldimethylsilane :

	Found	Calculated for
Si	8.6 %	9.07 %
C	62.09 %	62.13 %
H	6.09 %	5.86 %
Cl	23.15 %	22.92 %

Boilin point at 0.01 mm: 159-161°C
Melting point : 63°C

Literature :

A. Bygden : Z. Phys. Chem. 90, 246 (1915).
Gilman & Marshall : J. Amer. Chem. Soc. 71, 2066 (1949).

F. A. Henglein, G. Abelsnes · Die Makromolekulare Chem. 24 (1957) 1-24.

A. Bygden : Ber. 45, 707 (1912).

A. D. Petrov, E. A. Chernyshev, M. E. Dolgaya: Zhur. Obshchei Khim. 25, 2469-74 (1955), C.A. 49. 10166 f ; 50. 9319 a (1956).

PRACTICAL PART

The reactions described hereafter and all the operations related to them were carried out in absolutely dry flasks, the opening of which were protected with drying tubes. These precautions had to be taken because of the great sensitivity to hydrolysis of the end products and some of the starting materials.

The used starting substances and solvents were absolutely dry.

All reactions were carried out in three neck flasks provided with stirrer, dropping funnel and condenser protected with a drying tube.

Trimethylchlorosilane and Dimethyldichlorosilane.

These products were kindly offered for this work by the Farbenfabriken Bayer in Leverkusen. They were distilled and the following fractions of the distillate used :

Trimethylchlorosilane : Fraction distilling at 57°C NTP
Dimethyldichlorosilane : Fraction distilling at 69-70°C NTP.

Reaction of p-chlorobenzyl chloride with Trimethylchlorosilane:

32.2 g (1/5 mol) of p-chlorobenzyl chloride were dissolved in 200 c.c. of absolute ether and added drop by drop to 9.72 g. (2/5 mol) magnesium turnings. Th reaction was started by a slight warming.

The addition of the p-chlorobenzyl chloride solution was regulated to keep the reaction going by itself.

After addition of the total quantity of p-chlorobenzyl chloride, the content of the flask was boiled for half an hour under reflux, then 43.2 g (2/5 mol) of trimethylchlorosilane, dissolved in 50 cc of absolute ether, were slowly. A white precipitate was formed (magnesium chloride).

It was noticed that half of the magnesium was not used in the reaction indicating that only one chlorine atom was converted into the Grignard compound.

After filtration and evaporation of the ether, the residue was distilled first under a pressure of 55 mm mercury, yielding a distillate with a constant boiling point of 138°C, which was identified to be p-chlorotrimethylbenzylsilane (1) denominated hereafter as SH4. The rest of the residue was further distilled under a pressure of 0.01 mm mercury yielding a fraction with a boiling point of 158-160°C at the mentioned pressure and which solidified to a waxy substance (SH3).

Yield of Trimethyl-p-chlorobenzylsilane (SH4) = 11.08 g.

Yield of p-chlorodibenzyl (SH3) = 4.24 g. Analysis and physical data of (SH3) :

	Found	Calculated for $Cl-C_6H_4-CH_2-CH_2-C_6H_4-Cl$
Si	non	non
C	66.08 %	67.22 %
H	5.32 %	4.83 %
Cl	25.42 %	28.34 %

(1) A. D. Petrov, E. A. Chernyshev and M. E. Dolgaya : Zhur. Obshchei Khim, *25*, 2469-74 (1955) and C.A. *49*, 10166f ; C.A. *50*, 9319 a (1956).

ORGANIC SILICON DERIVATIVES OF BENZYL CHLORIDE

by

Dr. HUSSEIN CHERIF SHARAF

Lecturer, Dept. of Mathematical & Physical Sciences,
Faculty of Engineering, Ein Shams University.

The following work has been carried out by the Author in the laboratory of the Technical High School, Karlsruhe—Germany —under the supervision of Professor Dr.h.c. F. A. Henglein, who gave his kind permission for publication under the Author's name.

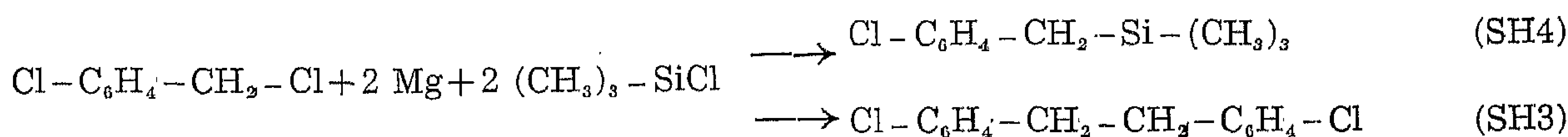
SUMMARY

I. — Reaction of p-chlorobenzyl chloride with Trimethylchorosilane

It was tried to let the two chlorine atoms of p-chlorobenzyl chloride react with magnesium according to Grignard and to bring the obtained Grignard compound into reaction with trimethylchlorosilane. It was noticed, that when working with diethylether as solvent, only the chloride atom of the side chain reacted with magnesium whereas the chlorine in para position did not.

The distillation of the reaction products gave a liquid and a solid amorphous substance which were identified to be :

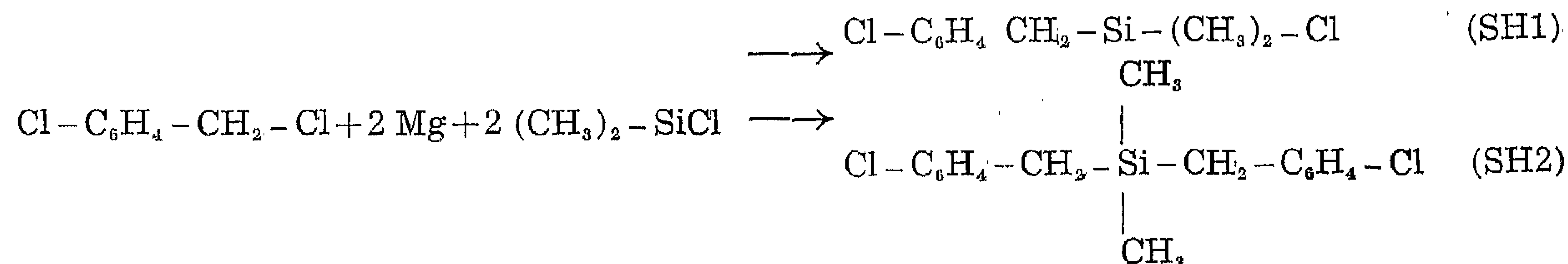
para chlorodibenzyl (SH3) and trimethyl-p- chlorobenzylsilane (SH4)



$$Cl-C_6H_4-CH_2-Cl+2\ Mg+2\ (CH_3)_3-SiCl \longrightarrow Cl-C_6H_4-CH_2-Si-(CH_3)_3 \quad (SH4)$$
$$\longrightarrow Cl-C_6H_4-CH_2-CH_2-C_6H_4-Cl \quad (SH3)$$

II. — Reaction of p-chlorobenzyl chloride with Dimethyldichlorosilane

According to the same idea it was tried to use dimethyldichlorosilane instead of trimethylchlorosilane. In this case also the chlorine atom of the side chaine only reacted with magnesium giving dimethyl-p-chlorobenzyl-chlorosilane (SH1) and bis-p-chlorobenzyldimethylsilane (SH2)



$$Cl-C_6H_4-CH_2-Cl+2\ Mg+2\ (CH_3)_2-SiCl \longrightarrow Cl-C_6H_4\ CH_2-Si-(CH_3)_2-Cl \quad (SH1)$$
$$\longrightarrow Cl-C_6H_4-CH_2-Si(CH_3)_2-CH_2-C_6H_4-Cl \quad (SH2)$$

These groupings will offer the following advantages :

(1) A smaller number of carrier frequency generators and of types of frequency translating equipments.

(2) Higher carrier frequencies (in the range 2820-5520 c/s) and therefore smaller size of the carrier frequency oscillators.

(3) The same types of frequency translating equipments will be used in all systems 1, 2, 3, 5, 7 of table III.

(4) Combinations of these systems are possible. Thus the transmission band may include 12 50 baud and 4 100 baud channels.

The groupings by the author are the following :

(1) A 2760-3240 c/s pregroup having a bandwidth of 480 c/s in which can be included either : (a) Four 50 baud channels having the frequencies 2820, 2940, 3060, 3180 c/s and either amplitude or frequency, $\triangle f = \pm 30$ c/s) modulated, (b) Two 100 baud channels having the frequencies 2880, 3120 c/s and frequency-modulated, $\triangle f = \pm 60$ c/s, (c) One 200 baud channel having the frequency 3000 c/s and frequency-modulated, $\triangle f = \pm 120$ c/s, or (d) Two double-tone 50 baud channels having the double frequencies 2820-2940, 3060-3180 c/s.

(2) A 1800-3240 c/s group having a bandwidth of 1440 c/s and composed of 3 pregroups.

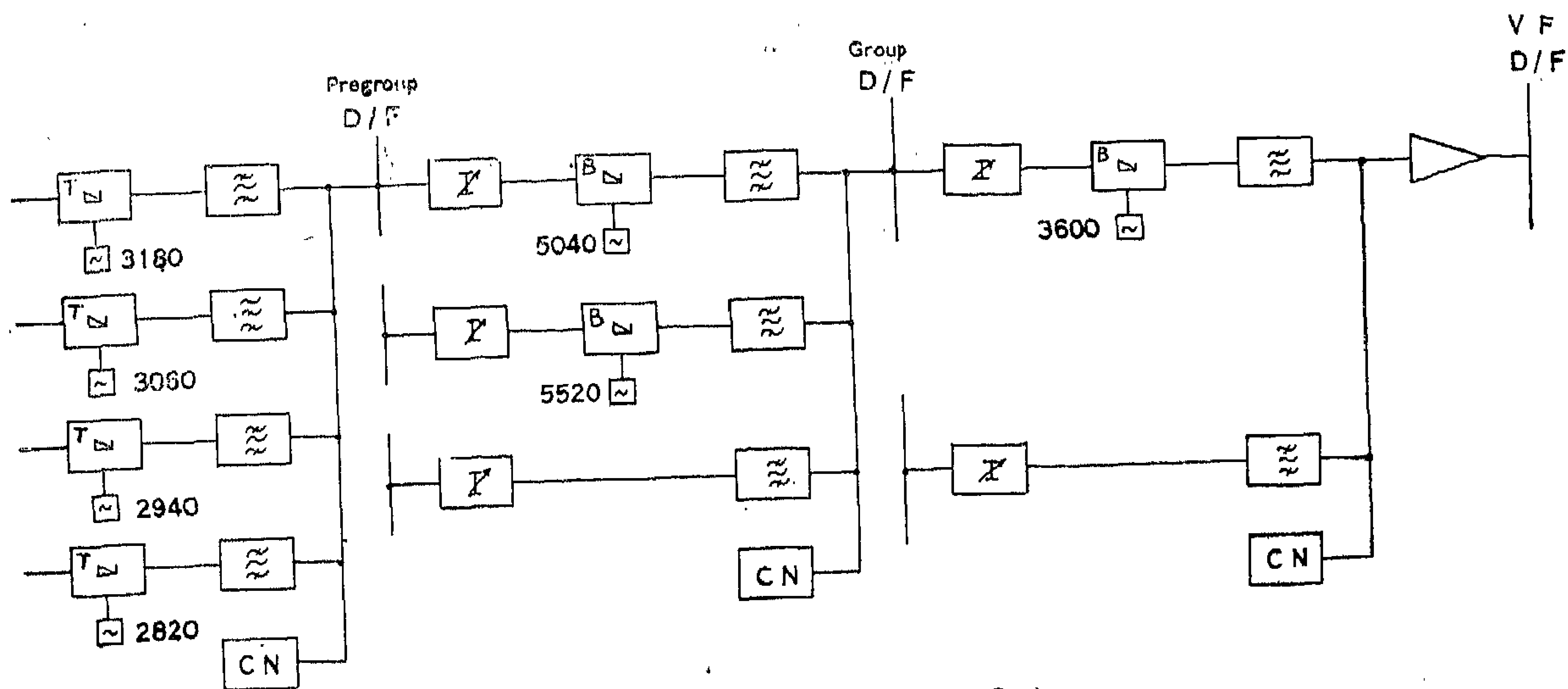
(3) The transmission band from 360 to 3240 c/s. having a bandwidth of 2880 c/s and composed of two groups.

Figure (3) shows the block diagram of the 24, 12 and 6 channel systems. The multiplications are $4 \times 3 \times 2$, $2 \times 3 \times 2$ and 3×2 respectively. The 24 channel system needs only 7 carrier oscillators as compared with 24 and 13 in the single and two stage 24 channel systems used at present.

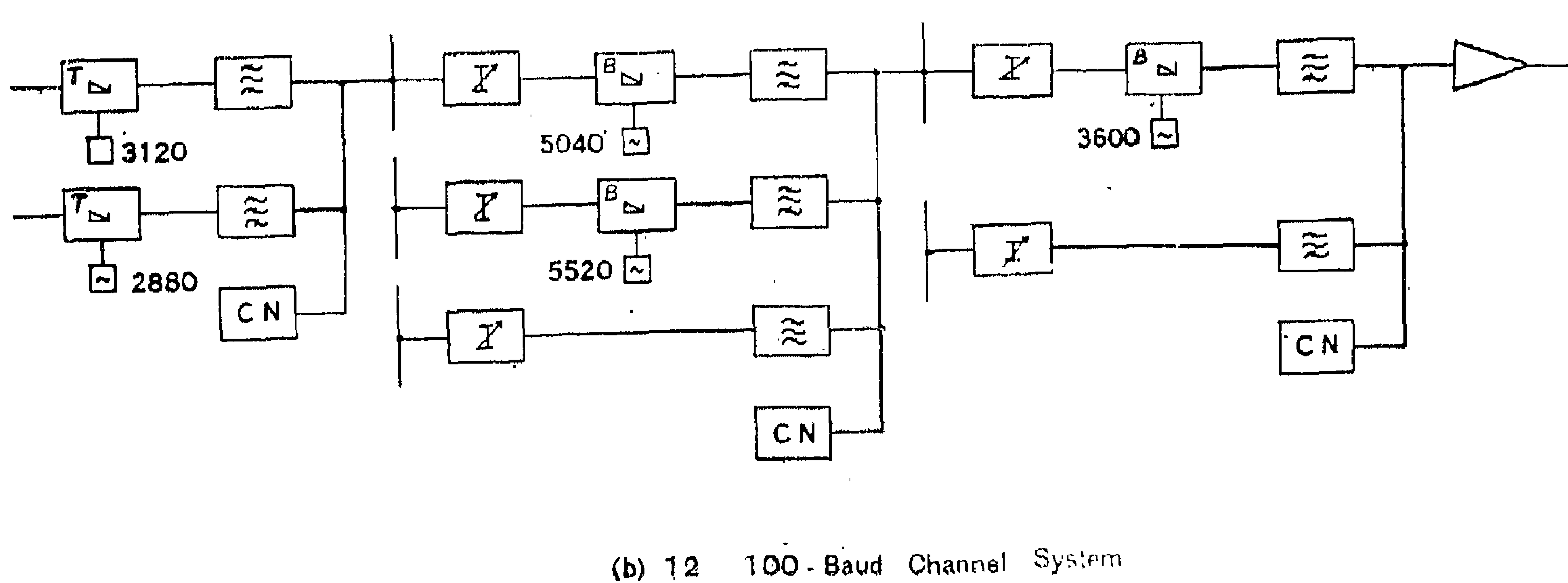
References

(1) CCIF Green Book, Telephone Transmission, Part : Carrier Telephony, 1958.

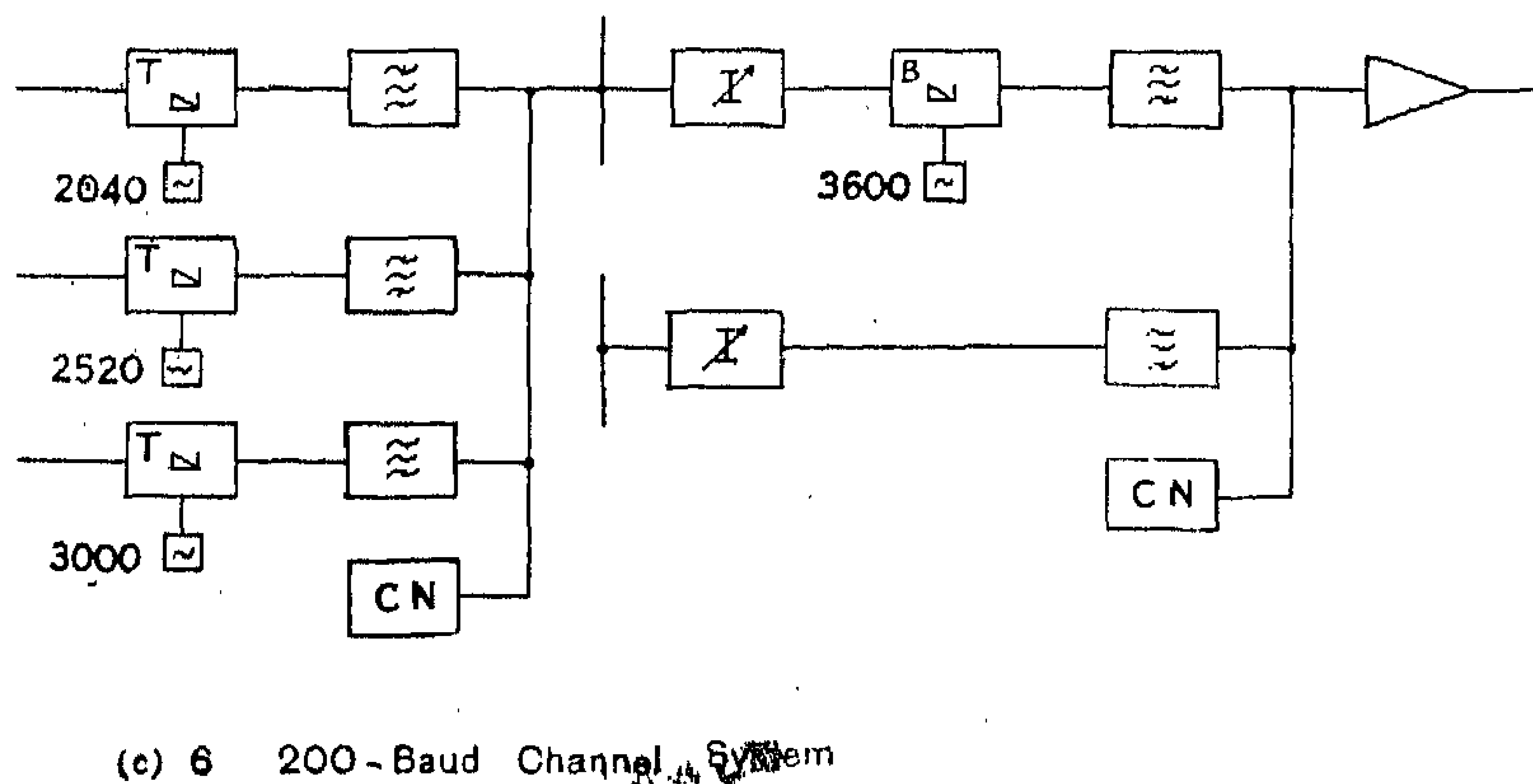
(2) Erik. J. Erikson. "The Development and Future of Wide Band Carrier Systems", Ericsson Review, 39 (4), 1962, pp. 90-101.



(a) 24 50-Baud Channel System



(b) 12 100-Baud Channel System



(c) 6 200-Baud Channel System

FIGURE 3

***Suggested Voice-Frequency Telegraph Systems** (T = Telegraph Modulator, B = Balanced Modulator [illegible] Telephony. Carrier Frequencies in C/S.)*

needs more bandwith than other types of modulation, but is necessary to overcome the noise resulting from the delay distortion and the mode transformations) the channel carrying capacity per radio frequency channel will be between 1500 and 6000.

The final conclusion is that the channel groupings will not grow indefinitely in size. Only a new grouping, three times as big as the present 12 MC grouping of 2700 channels will be introduced. It will accommodate for 8100 channels and have a bandwidth somewhat below 40 MC. After this no bigger groups of channels will be introduced, and the development will be for the provision of the transmission systems which have a large capacity of radio frequency channels, especially over round waveguides.

2.—The author thinks that the 4 MC system for 960 channels will become, in the near future, uneconomical. This will be due to several reasons. First it uses the same cable as the 12 MC system for 2700 channels, and the cost of the terminal and repeaters equipment of latter system, as it decreases, will account for a smaller part of the overal cost. Second, its final multiplication ratio, 16, results in too many types of frequency translating equipments. Even if the cable can be economically utilised only up to 4 MC, it would be in the band 316-4188 KC for 900 channels rather than the present 60-4028 KC band. For this band, being a supermaster group, will be produced from the supergroups by the multiplications 5 × 3 instead of 16. The low frequency end of the band, being 316 instead of the present 60 KC will then facilitate the equalisation of the line loss and simplify the amplifier design.

Similarly the 600 channel systems for radio links will be formed from two mastergroups rather than from 10 supergroups.

3.—The author regards it as unfortunate that the multiplication ratios between the supergroup and the mastergroup were both taken 5. He thinks a ratio 3 or 4 would have proved more economical. However, it is unlikely that these ratios will change in the future because the improvement would be small and because they are now so much in use. The most recent multiplication ratios, namely from the mastergroup to the supermastergroup, and from the supermastergroup to the 2700 channel group, are both 3. The multiplication ratio for the biggest future group will very probably be 3. This 8100 channel group will thus be formed by the multiplications 3 × 4 × 5 × 5 × 3 × 3 × 3.

4.—The 550 KC 120 channel carrier system for plastic insulated high quality balanced pair cable has become uneconomical as a result of the introduction of the 1.2 MC 300 channel system for small diameter coaxial cable. In the future the author expects that even the 250 KC 60 channel system for balanced cable will also become uneconomical as compared with the 1.2 MC system.

The author expects that direct grouping of the 12 channels to form the 60-108 KC group will not be used any more. This trend is already in existence, and several manufacturers of carrier equipments either already changed, or will change their production to pregrouping systems by introducing the 3 channel pregroup.

5.—Voice frequency telegraph systems in the band 0.3 - 3.4 KC are either based on a channel separation of 120 c/s and its multiples (systems No. 1, 2, 3, 5, 7 in table III), or on a separation of 170 c/s and its multiples (systems No. 4,6 in table III). In 24 channel systems the channels are grouped together either directly in one stage (multiplication 24) or else in two stages (multiplication 12 × 2), while in the other systems the multiplication is only in one stage.

The author thinks the present multiplication of the voice frequency telegraph groupings is not the optimum one. He suggests therefore the following groupings for systems based on a channel separation of 120 c/s and its multiples.

have neighbouring pass ranges (Figure 1). The hybrid, on the other hand, does not render the selective requirements of the filters easier.

Larger multiplication ratios result thus in the necessity of hybrids, which are of course additional equipments. These hybrids cause of course a drop of signal level, which has to be compensated for somewhere, by amplifiers.

Recently mechanical filters are finding increased use in carrier systems, for frequencies up to about 500 KC. Their effect on the optimal group sizes is not yet clear, but they do not seem to result in any substantial change in the present situation.

(3) A further minor factor which favours the 3 channel initial pregrouping is the fact that the pregroup has a 12 KC bandwidth and can almost be covered by a broadcast program. However, this is of relatively little importance since the number of broadcast programs transmitted is usually small compared to the number of telephone channels.

V — Present Trends and Suggestions for the Future

1.—In the last few years we have witnessed a vast universal expansion in long distance telephone transmission. This expansion is still going on and will continue for long time to come especially with the introduction of toll dialling. The increase in the number of circuits could be covered by new cables and by the use of the cables for a large number of telephone channels per pair, also by the introduction of multichannel radio links.

To accommodate for a large number of channels per cable pair a broad band of frequencies is necessary. At present open wire lines are used up to 150 KC, balanced pair cables up to 250 KC (special cables up to 550 KC), small diameter (4 mm.) coaxial cables up to 1.2 MC, large diameter (9.4 mm.) coaxial cables up to 12 MC, radio links up to 8 MC base band width.

No increase in the transmission band width of the open wire lines and the balanced cables is expected. On the other hand, it seems that the frequency band of large diameter coaxial pairs will be trippled, as it did before, while the repeater span will be halved (2). The transmission band will be somewhat less than 40 MC, the repeater span will be about 2.3 Km. The 9.4 mm. diameter coaxial pair will then be able to transmit $3 \times 2700 = 8100$ telephone channels in one direction.

At present only the 1.2 MC system is fully transistorised, as the nonlinearity of the transistor has made it, until now, unable to amplify the 4 or the 12 MC system with sufficiently low intermodulation noise. But it is expected that this difficulty will be overcome when new types of transistors will provide sufficient linearity. This will of course make the power transmission along the coaxial pairs, for the unattended repeaters, much easier.

Whether with tubes or transistors it is not expected that bandwidths larger than 40 MC will be transmitted over coaxial lines.

Radio links will probably have an increased channel capacity of 2700 per radio frequency channl, instead of the present 1800. Although many radio frequency channels can be used for communication between the same antennas, yet their number is limited by the spectrum available.

The mentioned spectrum limitation practically does not exist in waveguide transmission. The round waveguide, 5 cm. in diameter, excited in an H_{10} mode between 35 and 100 KMC will have a capacity much in excess of 10^5 telephone channels. But this capacity will be divided among several radio frequency channels, each between 150 and 600 MC wide. With pulse-code modulation (which

IV — Other Considerations

Relevant to the Planning of Grouping Stages

There are other factors which affect the planning of multistage groupings other than the two factors which we have considered in chapters II and III :

(1) One important factor is the channel filter. In carrier systems based on the direct grouping, in one stage, of 12 channels to form the 60-108 KC basic group, the relatively high frequencies make the requirements from the channel filter very stringent if the CCITT figures are to be fulfilled with regard to the noise of the undesired sideband and of the carrier leak. This filter can be realised only in the form of a crystal filter, and is rather costly.

On the other hand, in carrier systems based on the pregrouping of 3 channels in the band 12-24 (or 6-18) KC before combining the resulting pregroups to one 12 channel group in the band 60-108 KC, the relatively low frequencies make the requirements from the channel filters easier to satisfy. The channel filters can in this case be realised using conventional LC circuit elements and are less costly than crystal filters.

(2) Another consideration of the filters favours smaller multiplication ratios in all grouping stages. This is from the point of view of their multiplexing. The filters are connected on one side either in parallel or in series. Each filter is thus terminated not only in the common resistance, but also in the parallel or series combination of the input impedance of all other filters. These impedances, in the stop bands, are either complex or imaginary. Thus the filters are not effectively terminated in pure resistances although they are usually designed for resistive terminations. It is customary to connect a compensating network which neutralises the overall parallel susceptance or the overall series reactance of all the filters in the frequency band of interest. The larger the number of filters connected in parallel or in series, the more involved the design of this compensating network, and the more difficult its realisation will be. In general up to four filters are directly connected in parallel or in series. When a larger number of filters is present, as in the case of multiplication ratios more than 4, it becomes necessary to divide the filters to groups of four or less, and to combine the groups by hybrids, two at a time. The hybrid makes the impedance of each group independent of the other groups. Each group is taken from filters which do not

TABLE IV

Comparison of he Different Multiplication Ratios.

Multiplication Ratio x	2	3	4	5	6	10	12	16	24
Relative Number of Types of Equipments N/N_3	1.06	1.00	1.06	1.14	1.23	1.59	1.77	2.11	2.77
Relative Number of Equipments n′/n	2.00	1.50	1.33	1.25	1.20	1.11	1.09	1.069	1.043

III — Number of Frequency Translating Equipments

We now consider the number of frequency translating equipments. Obviously the grouping in several successive stages results in a large number of equipments. A smaller number of equipments would be obtained when the grouping occurs in a single stage, and the number of equipments would then be equal to the number of channels. However, with the grouping in successive stages, inspite of the larger number of equipments, the total cost is usually much loss than when the grouping is in one stage. This is due to the much smaller number of carrier frequency generators and number of types of equipments. Other considerations also favour the grouping in successive stages. But the total number of equipments still is a factor to consider when planning the successive groupings of a multichannel system.

When n channels are grouped together in ʋ stages, the multiplication ratio per stage being x in all stages, then the number n′ of frequency translating equipments is given by :

$$n' = n + \frac{n}{x} + \frac{n}{x^2} + \ldots\ldots + \frac{n}{x^{v-1}} = \frac{n}{x^{v-1}} \frac{x^v - 1}{x-1} \qquad (8)$$

and since $n = x^v$, then :

$$n' = \frac{x}{x-1}(n-1) \qquad (9)$$

The minimum number of equipments would be :

$$n'_{min} = n \qquad (10)$$

when the grouping is done in one stage. The ratio $\frac{n'}{n'_{min}}$, which is also a cost factor for the system, is thus equal to the ratio of the number of equipment to the number of channels, thus :

$$\frac{n'}{n'_{min}} = \frac{n'}{n} = \frac{x}{x-1}\,\frac{n-1}{n} \qquad (11)$$

When $n >> x$, then, approximately :

$$\frac{n'}{n'_{min}} = \frac{n'}{n} \simeq \frac{x}{x-1} \qquad (12)$$

This ratio is given in table IV and is plotted in figure 2.

Thus consideration of the number of frequency translating equipments favours the larger multiplication ratios. With $x = 3$ there are 50 %, with $x = 4$, 33 %, with $x = 5$, 25 % more equipments than would be necessary in a single stage grouping.

The most economical multiplication ratio depends on the extent to which the cost depends on the number of types, and on the number equipments. At present it seems that the most economical multiplication ratio is shared between 3 and 4, and to a smaller extent, 5.

When the multiplication ratio is not constant in all stages than we have the following :

(1) The larger the multiplication ratios, the smaller the number of equipments will be. Especially the ratio of the first stage is the main deciding factor of the number of equipments. For all carrier systems based on direct grouping of 12 channels without passing through the 3-channel pregroup, $x = 12$ in the first stage, these systems are economical in the number of frequency translating equipments.

(2) The order of the successive multiplications is important in determining the number of frequency translating equipments. Thus the larger multiplication ratios should preferably be in the initial stages, and the smaller multiplication ratios in the final stages. This would give the smallest number of equipments without affecting the number of types of equipments.

types of equipment. The ratio 24 (used in voice-frequency telegraph systems) gives 17.7 % more types of equipment than the number of types for x = 3.

When the multiplicaion ratio is not constant throughout the successive grouping stages, it might be thought that the optimum ratio x = e = 2.718, if approached as an average, may yield a smaller number of types than can be obtained with x = 3. This is not true, and the ratio x = 3 always gives at each stage the best, i.e. the least number of types of equipments. Thus a grouping of 8 channels 4 × 2 gives 6 types of equipments, and an average x of $\sqrt{4 \times 2} = 2.828$. With x = e = 2.718, 5.64 types, and with x = 3, 5.67 types of equipments would be needed (both < 6). The grouping 3 × 3 would give, for the same number (6) of types as the grouping 4 × 2, more channels, namely 9 instead of 8.

No simple expression can be derived for the case when the multiplication ratio is not constant throughout the successive stages. However, every departure at any stage from the optimum value x = 3, whether to a value higher or lower than 3, means an additional number of types of equipments.

Tables I and II give the actual number of types of equipments, N, and the least number N_3 which would be obtained with x = 3. Substantial deviations from the optimum are seen to exist in the following systems :

(1) All systems based on direct grouping, i.e. the direct formation of the 12 channel group from the channels (multiplication ratio 12).

(2) The 600 channel final group for radio links and the 960 channel final group for coaxial lines, in which the last multiplication ratio from the 60 channel super-group to the final group is 10 and 16 respectively.

(3 Voice-frequency telegraph groupings (table III) in which the 24 telegraph channels are grouped either in one stage, or in two stages 12 × 2 (multiplication ratio 24, or 12 and 2).

The order of the multiplication ratios does not effect the number of types of equipments. Thus to find out whether the larger or the smaller multiplication ratios are preferable in the initial or in the final stages one has to look for other factors.

TABLE III

Voice Frequency Telegraph Systems 300-3400 c/s V.F. Band

No.	Number of Channels	Freq. Spacing between Channls, c/s	Modulation	Speeds Bands
1	24	120	amplitude	50
2	12	120 + 120	double tone	50
3	24	120	frequency	50
4	18	170	frequency	75
5	12	240	frequency	100
6	9	340	frequency	150
7	6	480	frequency	200

TABLE II *Final Groupings*

Number	Transmission	Number of Channels n	Transmission Band, KC	Last Intermediate Groups	Min. Types of F.T.E. N_3	Min. No. of F.T.E. $n'_{min} = n$	Direct Grouping Systems: Types of F.T.E. N	Direct Grouping Systems: No. of F.T.E. n′	Pregrouping Systems: Successive Multiplications	Pregrouping Systems: Types of F.T.E. N	Pregrouping Systems: No. of F.T.E. n′
1	OWP	2 × 3 (2W)	4–32	2 P/G	4.88	6	—	—	3×2	5	8
2	RL	12	6–54	1 G	6.78	12	13	13	3×4×1	8	17
3	OWP	2 × 12 (2W)	36–144	2 G	8.66	24	14	26	3×4×2	9	34
4	BCP	2 × 12 (2W)	6–108	2 G	8.66	24	14	26	3×4×2	9	34
5	BCP, RL	24	6–108	2 G	8.66	24	14	26	3×4×2	9	34
6	BCP, RL	60	12–252	1 S/G	11.17	60	18	66	3×4×5×1	13	86
7	BCP, RL	120	12–552	2 S/G	13.06	120	18	132	3×4×5×2	13	171
8	SCCP	2 × 60 (2W)	20–552	2 S/G	13.06	120	18	131	3×4×5×2	13	171
9	SCCP	2×120 (2W)	60–1164	4 S/G	15.0	240	19	263	3×4×5×2×2	14	343
10	4 mm CCP	300	60–1292	1 M/G	15.56	300	23	331	3×4×5×5×1	18	431
11	RL	600	60–2540	10 S/G	17.45	600	27	660	3×4×5×10	22	860
12	9 mm CCP, RL	960	60–4028	16 S/G	18.73	960	33	1056	3×4×5×16	28	1376
13	RL	1800		2 SM/G	20.45	1800	27	1988	3×4×5×5×3×2	22	2588
14	9 mm CCP	2700	316–12388	3 SM/G	21.56	2700	28	2982	3×4×5×5×3×3	23	3882

FTE = Frequency translating equipment,
BCP = Balanced cable pair,
CCP = Coaxial cable pair,
OWP = Open-wire pair,
RL = Radio link,
SCCP = Submarine coaxial cable pair.

TABLE I

Intermediate Groupings

Name of Grouping	Abbreviation	Number of Channels n	Frequency Band KC …	Position	Min. Types of F.T.E. N_3*	Min. No. of F.T.E. $n'_{min} = n$**	Direct Grouping Systems: Successive Multiplication	Direct Grouping Systems: Types of F.T.E. N	Direct Grouping Systems: Number of F.T.E. n′	Pregrouping systems: Successive Multiplications	Pregrouping systems: Types of F.T.E. N	Pregrouping systems: Number of F.T.E. n′
Pregroups***	P/G	3	12–24 or 6–18	Erect	3	3	—	—	—	3	3	3
Basic Groups	G	12	60–108	Reverse	6.78	12	12	12	12	3×4	7	16
Basic Supergroup	S/G	60	312–552	Erect	11.17	60	12×5	17	65	3×4×5	12	85
Basic Mastergroup	M/G	300	812–2044	Reverse	15.56	300	12×5×5	22	330	3×4×5×5	17	430
Basic Supermastergroup	SM/G	900	8516–12388	Erect	18.56	900	12×5×5×3	25	993	3×4×5×5×3	20	1293

*Assuming a constant multiplication ratio x = 3 throughout.

**Assuming a single stage grouping.

***Not yet agreed upon internationally.

F.T.E. = Frequency Translating Equipment.

generator in the receive direction. Depending on the levels and the distortion it may incorporate amplifiers, attenuation pads, equalisers and even pilot iinjecting or receiving equipment.

Actually a smaller number of types of frequency translating equipments means also a smaller number of carrier frequency generators since one carrier frequency generator of suitable power output can supply all the modulators which need this particular carrier frequency.

It is seen from tables I and II that the groupings are multiples of the next smaller ones, the multiplication ratio being 2, 3, 4, 5, 10, 12 or 16.

Figure (1) gives the block diagram of the frequency translating equipments between the channel and the supergroup distribution frames.

Now we shall derive an expression for the number of types of equipments as a function of the multiplication ratio x which we shall consider, for the time being, to be constant from the channel to the final grouping. If the number of stages is v, the total number of channels is n, and the number of types of equipments is N, then we have

$$n = x^v \qquad (1)$$

and

$$N = xv = x \log_x n = x \frac{\ln n}{\ln x} = x \frac{\log n}{\log x} \qquad (2)$$

The value of x for which the number N of types of frequency translating equipments of minimum is given by:

$$x_{\min N} = e = 2.718 \qquad (3)$$

We shall call the corresponding minimum value of N, N_e, thus

$$N_e = N\ (x = e) = \frac{e}{\log e} \log n = 6.25 \log n \qquad (4)$$

Obviously a fractional value x = e = 2.718 is not possible to realise and the integral value of x which gives the least number N of types of equipments is given by:

$$x_{\text{int,min,N}} = 3 \qquad (5)$$

Thus for a fixed multiplication ratio the value x = 3 gives the least possible number of types of equipments. Let this least number of types of equipments be called N_3, thus:

$$N_3 = N\ (x = 3) = \frac{3}{\log 3} \log n = 6.28 \log n \qquad (6)$$

Thus N_3 is only 0.5 % higher than N_e.

The ratio N/N_3 of the number of types of equipments when the fixed multiplication ratio is x, to the number of types when it is 3 is a cost criterium for the system.

Thus:
$$\frac{N}{N_3} = \frac{x}{6.28 \log x} \qquad (7)$$

Table IV give this ratio for the different values of x in use. It is also plotted in figure (2). It is seen that the multiplication

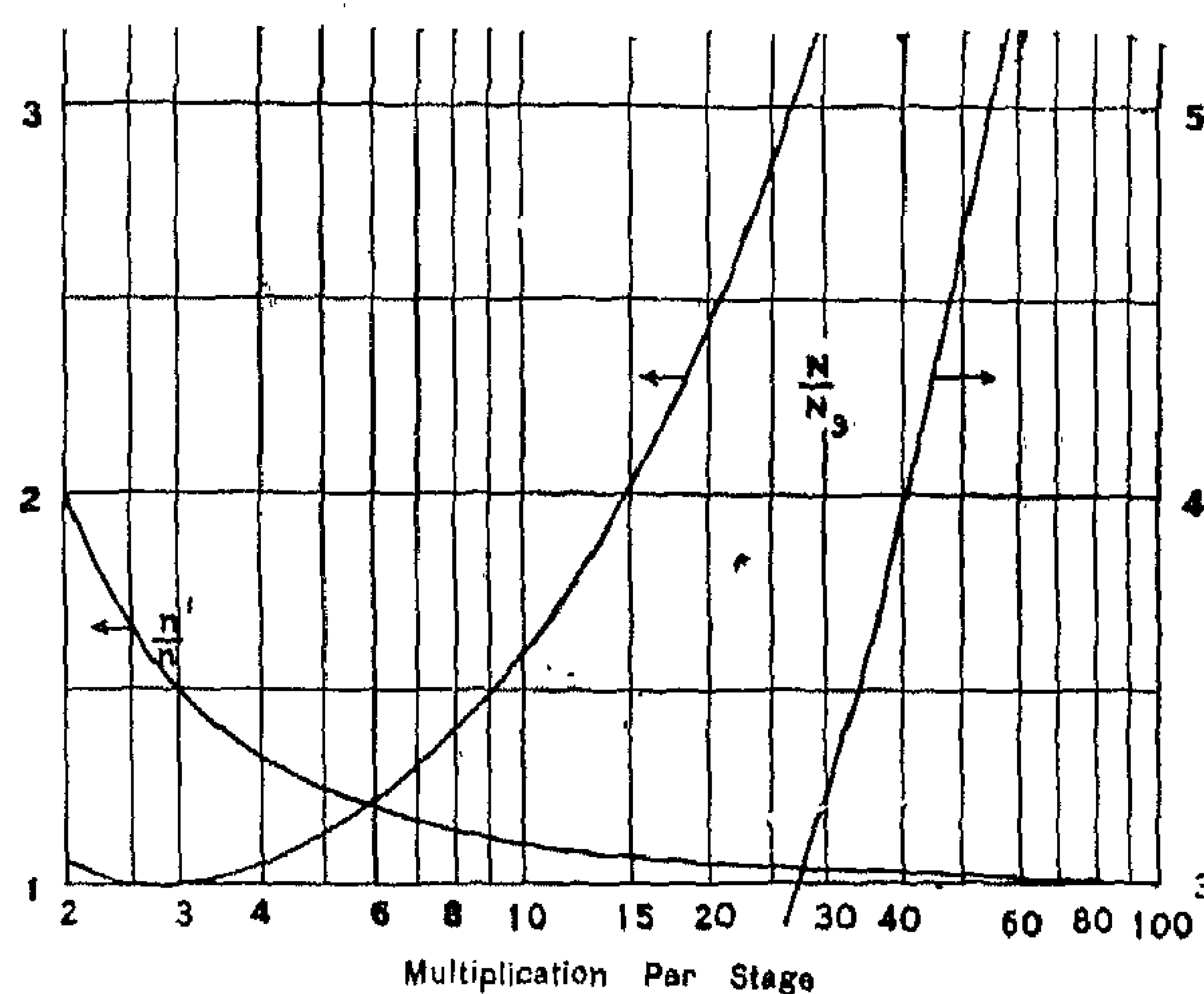


Figure (2)
Types $\left(\frac{N}{N_3}\right)$ and Number $\left(\frac{n'}{n}\right)$ of Frequency Translating Equipments Compared with the Minimum.

ratios 2 and 4 give equal numbers of types of equipment (6 % more than for x = 3), but other considerations to be discussed later in this paper, definitely favour the multiplication ratio 4 to the ratio 2.

Higher multiplication ratios give a substantially higher number of types of equipments. For example the ratio 12 (which is still used in the formation of the 12 channel group) gives 77 % more types of equipments. The ratio 16 (which is used in the formation of the line frequency band of the 4 MC 960 channel coaxial line system) gives 111 % more

to the modulator bay (in case of radio links). Their frequency bands depend esentially on the allowable frequency band of the transmission line and its repeaters, or of the radio frequency channel. This is in contrast to the intermediate groupings where the bands were chosen for different reasons, e.g. not two low (if possible) so that second order modulation products may all fall outside the band, and not too high to avoid the higher frequencies, and to avoid expensive filters.

Table II gives the final transmission groupings of carrier and radio link systems, while table III gives the groupings of voice-frequency telegraph systems.

All these groupings are based on a frequency band 4 KC wide allocated to each telephone channel originally in the band 0.3-3.4 KC.

II — Number of Types of Frequency-Translating Equipments

By a frequency translating equipment we mean the equipment, in either the transmit or the receive direction, between the distribution frames of two successive groupings. A frequency translating equipment, or simply an equipment will thus consist of a balanced modulator, a band-pass filter and the carrier frequency generator, in the transmit direction, and of a band-pass filter, a balanced modulator, a low pass filter and the carrier frequency

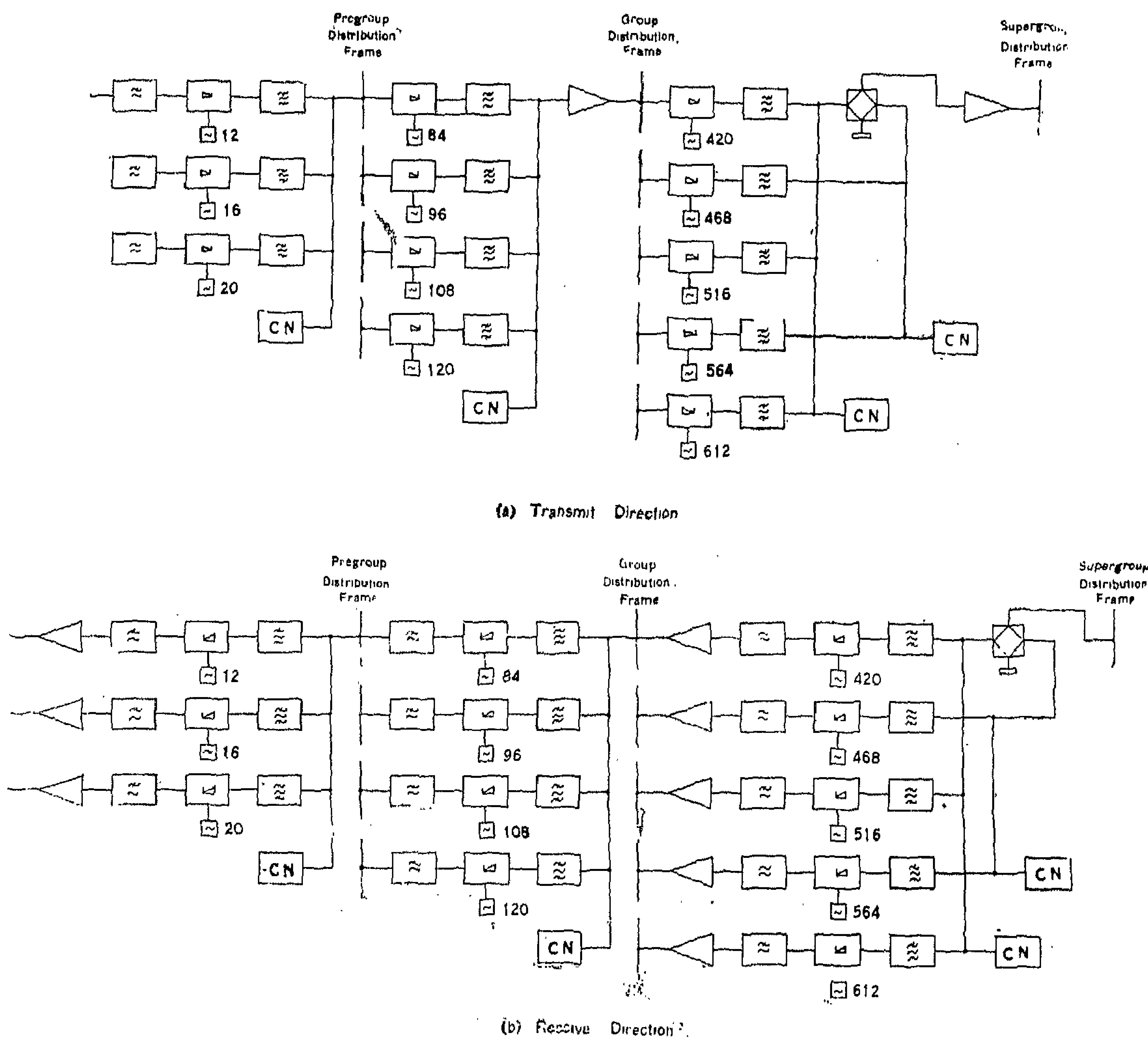


FIGURE 1

Block Diagram of Frequency Translating Equipments from Channel to Supergroup Distribution Frames (Multiplications 3×4×5. Carrier Frequencies in KC/s).

ON THE OPTIMUM SIZE OF THE DIFFERENT CHANNEL GROUPINGS IN CARRIER TELEPHONY

By

FUAD SURIAL ATIYA, D.Sc. Techn.
Assistant Professor, Faculty of Engineering, (Cairo University)

1 — Introduction

In modern carrier telephone systems the channels to be transmitted together on the same pair are translated in frequency and grouped together in successive stages. The following are the most important reasons for the repeated grouping.

(1) Standardised frequency translating equipments result which are used in the different carrier systems, even when these systems have very different channel carrying capacity per pair. The number of types of standardised equipments is, with proper grouping sizes, very small indeed as compared with the case of grouping in one or only few stages. This results in a very substantial saving in the equipment cost especially with the present mass production techniques.

(2) Interconnection between different carrier systems, as well as dropping from a carrier system, become easy and economical. The interconnection and dropping can then, according to the number of channels concerned, be at the level of any of the standard groupings.

(3) The requirements from the filters become easier to realise, and the filters become cheaper to produce. This applies in particular to the initial groupings.

There are two kinds of multi-channel groupings :

(1) *Intermediate Groupings :* These groupings serve as stepping stones in the build up of the final transmission bands of the different systems, but are otherwise independent of them. Not only the frequency bands of the different systems, but are otherwise independent of them. Not only the frequency bands of the intermediate groupins, but also their power and impedance levels in the transmit and receive directions, as well as other parameters, have been agreed upon internationally. They are 60-108 KC. CCITT 12 channel basic group, the 312-552 KC CCITT 60 channel basic supergroup, the 812-2044 KC CCITT 300 channel basic mastergroup, and finally the 8516-12388 KC CCITT 900 channel basic super-mastergroup.* To these we can add the 3 channel (12-24 or 6-18 KC) pregroup which is becoming now very popular and may be internationally agreed upon in the near future. In the terminal equipment of any carrier system there is a distribution frame for each of these intermediate groups, a merit which makes the routing flexible. Whenever interconnection between two systems is desired, this is done at the distribution frame of the particular grouping, by inserting the "through" group equipment and in particular the through filter. Also dropping is from the particular distribution frame.

Table I gives the intermediate groupings, their frequency bands, and their successive multiplications.

(2) *Final Groupings :* These are the final groupings which are delivered to the line repeater bay (in case of carrier systems), or

heat exchangers), the value of H_5 given by K_p $(t_d - t_e)/6.0$ is normally greater than K_p $(t_{at,} - t_e)^2/t_e$, thus the calculated values for the efficiency are nevertheless on the conservative side.

Actually, whenever the exhaust gases are cooled, without recourse to refrigeration, to a temperature near the atmospheric temperature, then H_5 can be considered as useful (refrigeration) work. Thus it will appear twice with opposite signs in the numerator of the fraction for η which becomes (on deleting H_5 altogether) :

$$0.2410\ t_o - 0.1714\ t_c x^{-1} y - 0.02688\ t_a x + 0.1714\ t_a - 0.06857\ t_e l_n\ (14.7 \times 144)/p_d$$

This leads to the following values of the efficiency for the example considered above (within an error of ± 0.001)

t_a	η	η_s	η_w
273 + 80 °C.Abs.	0.714	0.754	0.724
273 + 100 ,,	0.703	0.7575	0.717
273 + 120 ,,	0.694	0.764	0.709

VI. CONCLUSION

In publishing this paper, I hope I have begun a new and fruitful field of application for my colleagues in power engineering, both in the U.A.R. and sister Arab countries blessed with perpetual sunny days.

H^{+}_{3} = The heat equivalent to the work done in constant pressure expansion.

H_4 = The heat equivalent to the work done in the adiabatic expansion.

H_5 = The heat equivalent to the work done by the refrigerator compressor. (Assume a theoretical value for the coefficient of performance 6.0).

H_6 = The heat equivalent to the work done by the L.P. compressor.

The "theoretical" or "night-time" efficiency is then given by :

$$\eta = \frac{\text{Useful work}}{\text{Heat Supplied}}$$

$$= \frac{(H^{+}_{3} + H_4) - (H_2 + H_5 + H_6)}{H_1 + H_3}$$

In this expression, we have dropped the work done by the refrigerator compressor in the interstage cooling of the air for the isothermal (L.P.) compression, since being useful work (for refrigeration), it will appear twice with opposite signs in the numerator of the above fraction.

The "solar" or "day-time" efficiency η_s is determined by deleting H_1 from the denominator of the expression for the theoretical efficiency.

Assuming the solar heating of the air is achieved during 6 of the 24 hours, the "day and night" or "weighted" efficiency η_w is then given by

$$\eta_w = \tfrac{1}{4}(3\,\eta + \eta_s)$$

Taking one C.H.U. = 1400 lb. ft., p./t = 96, the specific heats of air K_p = 0.2410, K_v = 0.1720, their ratio γ = 1.40 and the atmospheric conditions 14.7 × 144 lb/ft², 273 + 25°C.Ab., we get the general expression for the theoretical efficiency :

$$\eta = [0.2410\, t_o - 0.2115\, t_o x^{-1} y - 0.02688\, t_a x + 0.1714\, t_a + 0.04017\, t_o - 0.06857\, t_e\, l_n (14.7 \times 144)/p_d] \times [0.2410\,(t_a + t_o) - 0.02688\, t_a x - 71.82]^{-1}$$

where $x = p_b^{(y-1)/y}$; $y = p_d^{(y-1)/y}$

and l_n the natural logarithm of the fraction

The general expression for the solar efficiency is determined from that for η by replacing the denominator by

$$0.2410\, t_o - 0.02688\, t_a\, x$$

In the following table, we give, as an example, the calculated efficiencies (within an error of ± 0.001) for the values p_b = 200 × 144 lb/ft², t_o = 273 + 1500°C.Ab. p_d = 4 × 144 lb/ft² and t_e = 273 - 25 °C.Ab.

t_a	η	η_s	η_w
273 + 80 °C. Abs.	0.666	0.702	0.674
273 + 100 ,,	0.654	0.704	0.666
273 + 120 ,,	0.642	0.706	0.658

V. DISCUSSION

The elimination of large quantities of wasted heat energy, as is the case in high temperature exhausts, by the use of the refrigeration temperatures, has resulted in the improvement of the theoretical efficiency. The use of solar energy has increased this again by about 6 %.

The weighted efficiency η_w was calculated by assuming the plant working at full load day and night. These again can be brought nearer the solar efficiency η_s by day loading.

If electricity is used—partly of wholly—for step (3) in the cycle, then the improvement of the power factor will help to decrease the initial cost of transmission lines and running cost of power losses.

Lastly, we should point out that, although the value for the theoretical coefficient of performance in the general expression for H_5 seems high, yet since the exhaust gases can be cooled to near atmospheric temperature without recourse to refrigeration (by efficient

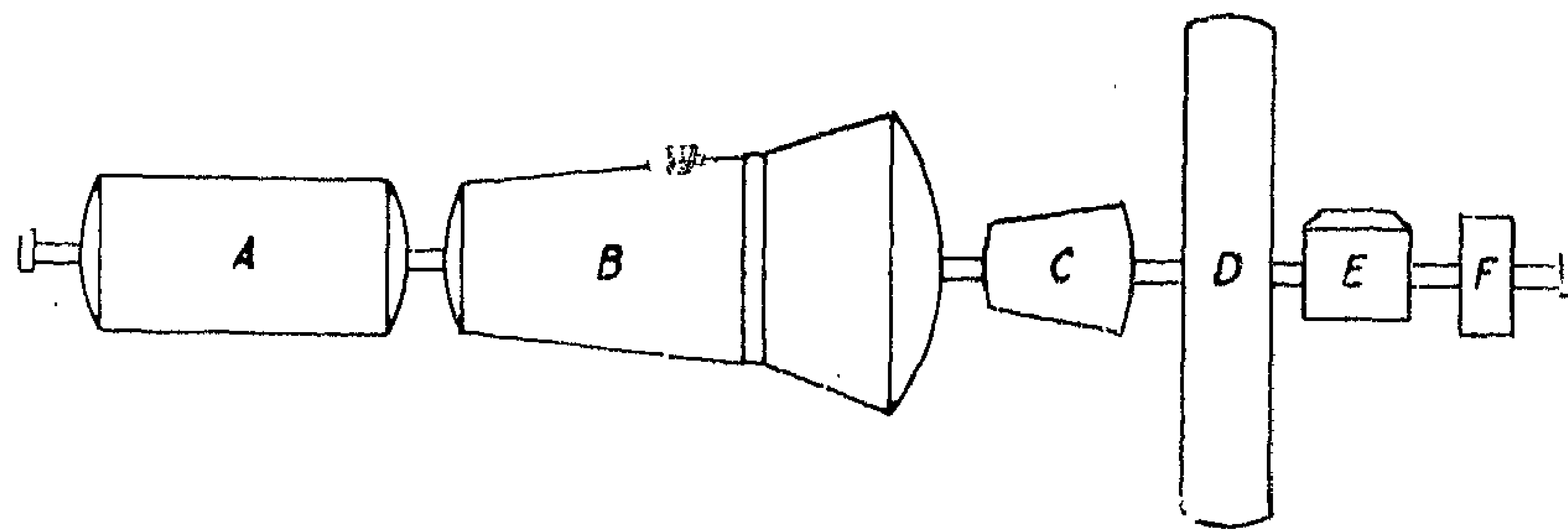


FIG. (3).

A.—Starting Motor.
B.—Gas Turbine (or alternatively I.C.E.), c.f. step (4) in proposed cycle.
C.—H.P. Rotary Compressor c.f. step (2) in proposed cycle.
D.—L.P. Rotary Compressor or Blower c.f. step (6) in proposed cycle.
E.—Refrigerator Compressor.
F.—Driving Pulley or Pump, etc...

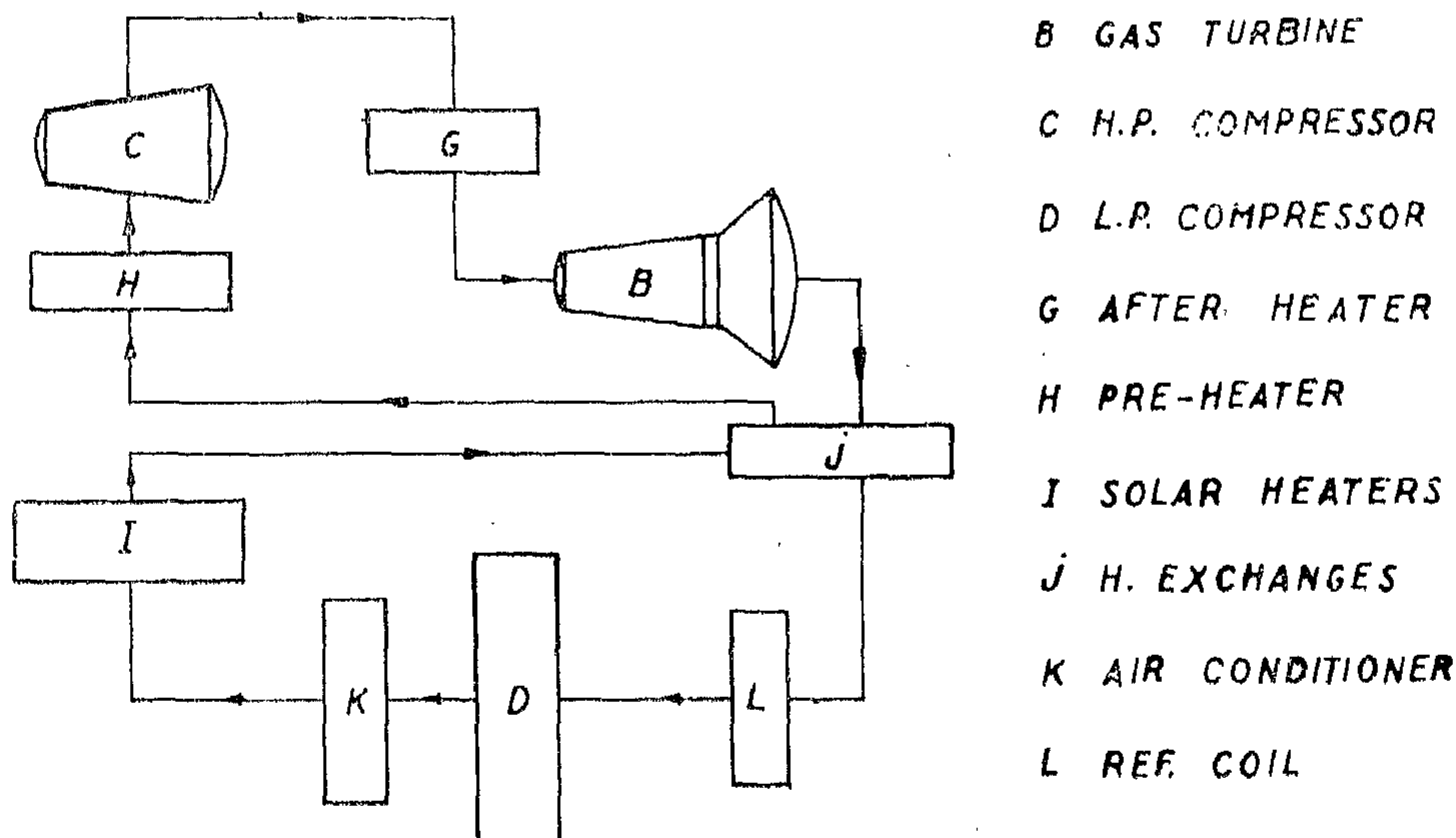


FIG. (4).

IV. THE VARIABLE CYCLE PARAMETERS AND THE EFFICIENCY.

The temperature of the air leaving the solar heaters (t_a) is determined by their design heating efficiency. As pointed out before, this will be the subject of a future paper.

Again, to avoid high vacuum complications, the adiabatic expansion in step (4) of the proposed cycle, should stop at a pressure $P_d \geqslant 4 \times 144$ lb/ft.^{2}

Lastly, to avoid very deep freeze complications, t_e is taken $\geqslant 273-50$°C.Ab. All other parameters are chosen to suit the practical design conditions of the particular plant.

To find a general expression for the efficiency of the cycle in terms of all these "variable parameters", let the equivalent heat (in C.H.Us.) at each step of the cycle be denoted as follows :

H_1 = The heat supplied by the electric pre-heaters.

H_2 = The heat equivalent to the work done by the H.P. compressor.

H_3 = The heat supplied by the electric after-heaters (or by burning of fuel).

II. THE PROPOSED CYCLE

(1) *One lb* of dry (i) air is *heated at constant pressure* (atmospheric) through the solar heaters (or by electric preheaters) to temperature t_a °C. Absolute. (Point a on the cycle, fig. (1).)

(2) The air is then *compressed adiabatically* to p_b lb/ft.² (Point b on cycle.)

(3) The air is then heated at *constant pressure* to t_c °C. Ab. (Point c on cycle.)

or alternatively :

(3′) The air is then *heated at constant volume* to $t_{c'}$ °C Ab. (Point c′ on cycle.)

(4) The air is then *expended adiabatically* to p_d lb/ft.² (Point d on cycle.)

(5) The air is then *cooled at constant pressure* to t_e °C.Ab. (Point e on cycle.) (Elimination of any water condensation should be provided for here.)

(6) The air is then *compressed isothermally* to atmospheric pressure. Point f on cycle.)

(7) The air is then *heated at constant pressure* (through the air conditioning coils and solar heaters) to t_a °C.Ab. (Point a on cycle). (This step can be made use of in Step 5.

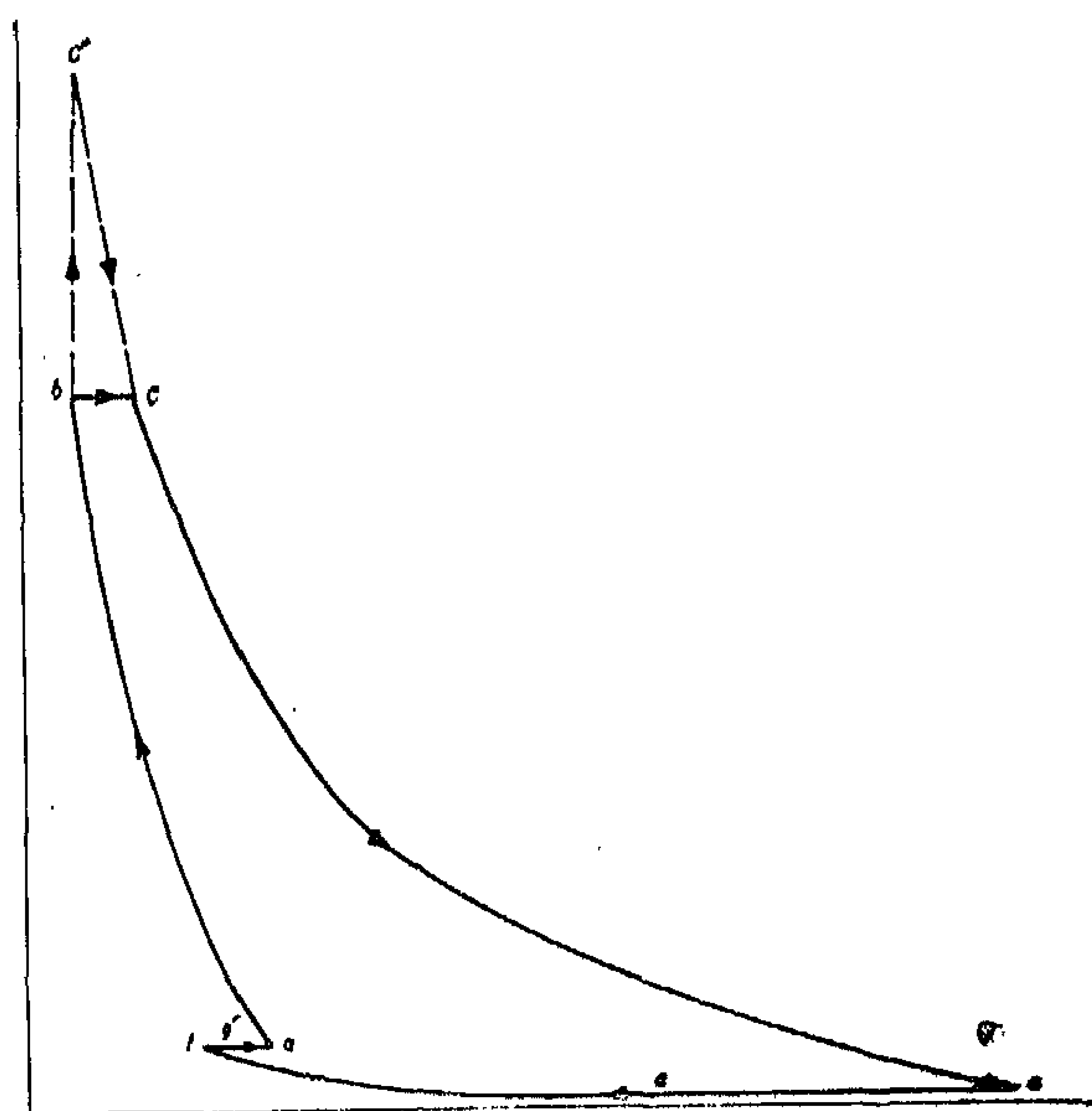


FIG. (1).
A "schematic" p-v diagram of the proposed cycle. The change for the alternative cycle is indicated by dotted lines.

If step 3 (or 3′) are carried out by fuel burning, then the exhaust gases are rejected at atmospheric conditions (Point g′ on cycle), and fresh (one lb) air is taken in the solar heaters, thus line f-a is the same for both cycles.

III. THE PROPOSED PLANT

(A) *The Solar Heaters.* Thin steel pipes are welded to plane sheet metal and orientated at seasonally variable angle "Θ" for perpendicular incidence of sun rays. The outer surfaces of the galvanised pipes and sheet metal are coated black. The two slightly concave-parabolic-mirrors are inclined at-latus rectum-angles "φ & χ" respectively, that are to be seasonally adjusted. An East-West sectional view is given in fig. (2).

The design geometrical parameters s, d, Θ, φ, χ, etc., will be the subject of a future paper.

(B) *The Power Plant :* A schematic arrangement of the plant is shown in fig. (3).

(C) *The Air Circuit :* Fig. (4) shows "Schematically" the air circuit.

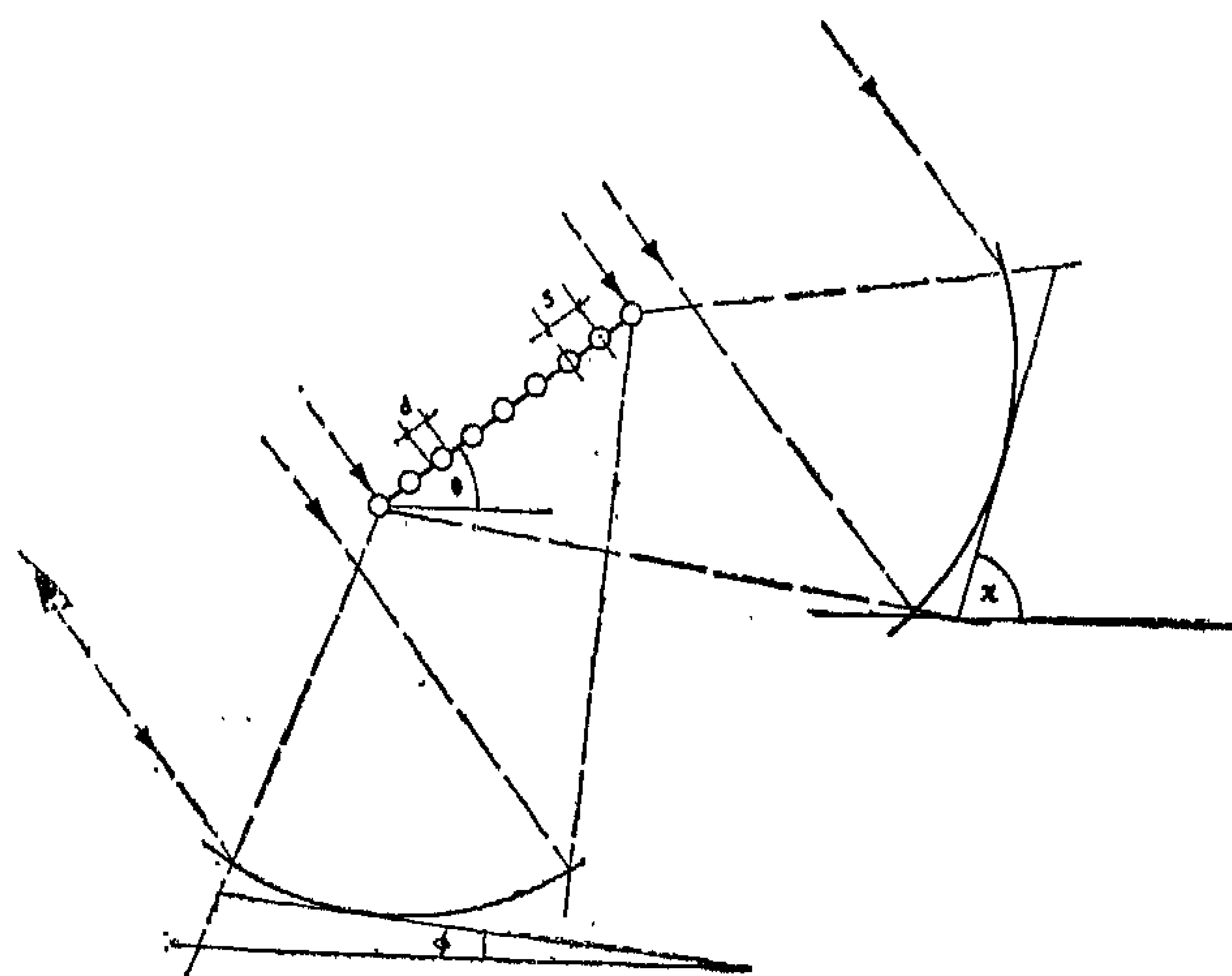


FIG. (2).
Arrangement of Solar Heaters and Reflecting Mirrors—East-West Sectional View.

(1) See elimination of condensate in step 5.

A PROPOSED CYCLE FOR THE UTILISATION OF SOLAR HEAT

by

S. KHASHABA,

B. Eng., M.A., Ph.D.,

Prof. of Mech., Faculty of Engineering,

Cairo University.

ABSTRACT

Where solar heat is excessive, i.e., where solar energy is free and abundant, the need for refrigeration, air conditioning and ice making is urgent. In the cycle—and its variations—that I propose in this paper, the low refrigeration temperature is made use of to depress the "bottom" temperature, thus improving the "theoretical", "solar" and the "weighted" efficiencies of the proposed "Solar Power Plant".

I. INTRODUCTION

Where solar heat is excessive, as is the case in the southern parts of our republic, whether near the Nile Valley, the Red Sea or the oases, the efficient utilisation of this heat gives a vast source of free energy that is nearly permanently available during, at least, one fourth of the day, the whole year round.

Countries with less favourable conditions for its utilisation, such as the U.S.S.R. and Japan, have nevertheless given this problem considerable thought, but due to the fundamental difference in the nature of the problem in our republic, and such countries, our approach to its solution has to be basically and radically unrelated to theirs.

Due to the spasmodic occurrences of sunny days, and the weakness of the sun rays when they occur, their scientist-engineers did not, naturally enough, concentrate on using them as a power source, but tried focussing those incident on large areas on boiling food, etc.

In the southern parts of our republic, on the other hand, one can count on strong sun rays the year round, that are capable of raising the temperature of black metal surfaces up to 150°C, with, perhaps, little help from converging mirrors. Thus we can have at our disposal, from 9.30 a.m. to 3.30 p.m. at least, vast amounts of hot air or gas nearly free of charge.

Again, the refrigeration aspect, that is essential for industrial and comfort air conditioning, food storage and ice making in such "hot" parts of our republic, does not arise in the "cold" countries mentioned above.

Thus the work done in refrigerating the air will not be "wasted" in our case, but on the contrary, apart from giving needed comfort, industrial air conditions, etc., it also helps to increase the "temperature head" of the cycle. For this reason, the equivalent heat supplied to the refrigerator compressor for the interstage cooling of the air in the isothermal compression (step 6 below), is omitted in calculating the efficiency of the cycle.

Again, to insure continuity for a power plant, in spite of the durenal variation of solar heat and at the same time, increase the temperature difference, electric "pre-heaters" and "after-heaters" are utilised to feed the gas turbine with air at constant "state" conditions.

If η_s is the efficiency of the cycle when the air is heated through the solar heaters, and η the efficiency when it is preheated electrically, then the "weighted" efficiency, on the basis of the plant working fully day and night, is given by

$$\eta_w = \tfrac{1}{4}(3\,\eta + \eta_s)$$

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretarial at the address of the Egineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T.60 per annum.

Subscription for others P.T.200 per annum.

HEAD OFFICE

Cairo : Egyptian Society of Engineers,
28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS
U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

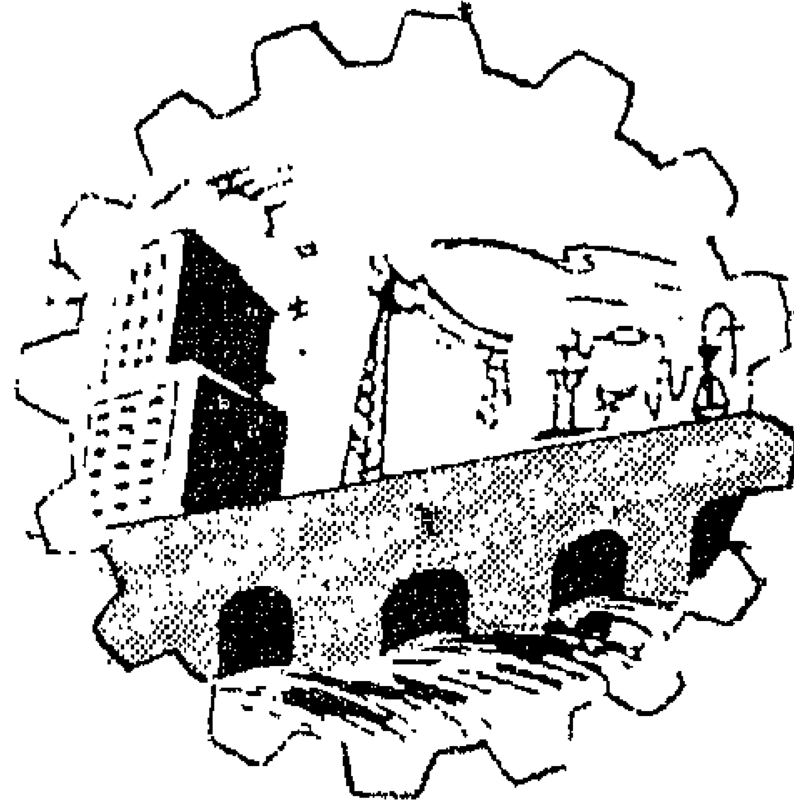
VOL, III — No. 2 — APRIL 1964

CONTENTS

ENGLISH SECTION

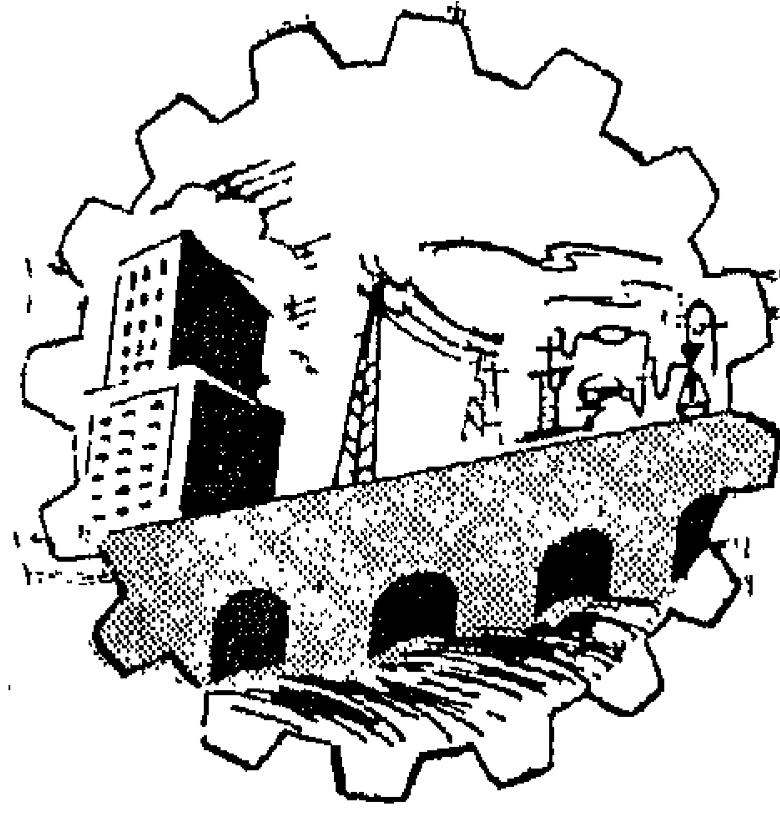
ARABIC SECTION

"Mondiale" Press — Cairo



JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U.A.R.

APRIL 1964
Vol. III
No. 2



مجلة

جمعية المهندسين المصرية

العـدد الثالث | المجلد الثالث | يوليو ١٩٦٤

المطبعة العالمية ١٦ و ١٧ ش ضريح سعد بالقاهرة

مجـــلة

جمعية المهندسين المصرية

مجلة علمية هندسية — تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

السنة الثالثـــة | العـــدد الثالث | يوليو ١٩٦٤

محتويات هذا العدد

القسم العربى

القسم الأفرنجى

بيانات :

مقر المجلة :

بالقاهرة

جمعية المهندسين المصرية

٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة

تليفون ٥٢١٠٦

الاشتراكات :

- جميع أعضاء جمعية المهندسين بالقاهرة مشتركون فى المجلة بحكم عضويتهم .

الاشتراك السنوى

	للمهندس	للهيئات
لغير الأعضاء :	٦٠ قرش	٢٠٠ قرش

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأى تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسئولة عن الآراء التى تنشر وتعبر عن رأى كاتبها فقط

الإعلانات :

مؤسسة مصر للطباعة والإعلان والنشر

١٤ شارع زكى بالتوفيقية - القاهرة تليفون ٥١٦٠١

لجنة التحرير

المؤتمر الهندسى العربى التاسع
١٣ — ١٨ ديسمبر سنة ١٩٦٤
بغــــداد

اتحاد المهندسين العرب
الهيئة الهندسية المصرية
٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة

تقرر عقد المؤتمر الهندسى العربى التاسع بمدينة بغداد فى المدة من ١٣ — ١٨ ديسمبر سنة ١٩٦٤ .

وقد رأت اللجنة التنفيذية لاتحاد المهندسين العرب أن تكون موضوعات المؤتمر هى :

أولا — التعليم والتدريب الهندسى والفنى فى البلاد العربية .

ثانياً — استثمار الثروات المعدنية فى البلاد العربية .

ثالثاً — دور المهندسين فى التخطيط الزراعى واستصلاح الأراضى .

وأن تكون عناصر هذه البحوث على الوضع التالى :

أولا — التعليم الهندسى :

(ا) التعليم الجامعى والتخصص .

(ب) التعليم المهنى فى معاهد خاصة بعد إتمام الدراسة الثانوية .

(حـ) التعليم فى المدارس المهنية الثانوية .

(ى) التدريب المهنى بمستوى عامل ماهر .

يؤخذ بعين الاعتبار على سبيل المثال لا الحصر شروط قبول الطالب ومناهج وسياسة التدريس والتدريب بعد التخرج :

١ — التخطيط للتعليم الهندسى والمهنى بالنسبة لاحتياجات الدولة .

٢ — إعداد هيئات التدريس لمختلف المستويات .

٣ — توحيد المناهج الدراسية والمصطلحات الفنية .

ثانيا — استثمار الثروات المعدنية :

يشمل هذا الموضوع الدراسات المبوبة فيما يلى للثروات المعدنية كالبترول والفوسفات والحديد والبوتاس والكبريت والنحاس وغيرها وذلك من باب العد لا الحصر مع إعارة انتباه خاص إلى الثروات التى تبدد هدراً كالغاز الطبيعى وكذلك المواد التى لم تول أهمية كافية فى العالم العربى كخامات مواد البناء وأحجار الزينة .

(ا) التحرى والاستكشاف :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بالمسوحات الجيولوجية والجيوفيزيائية وعمليات الاستكشاف عن الخامات المعدنية والبترول والغاز الطبيعى .

(ب) الاستثمار والإنتاج :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بعمليات الحفر والتطوير والاستخراج من المناجم أو المحاجر أو الآبار أو المصادر الأخرى .

(ج) التجهيز والتركيز :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بعمليات عزل الشوائب عن الخامات ورفع نسبة المادة المستخرجة لجعلها صالحة للتسويق والتصنيع .

(د) التخزين والنقل :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بعمليات تخزين الخامات ونقلها وشحنها بالوسائل المختلفة .

(ه) التسويق :

دراسة إيجاد أسواق للثروات المعدنية من البلاد العربية وبحث إمكانية تنسيق عمليات تسويقها

(و) تصنيع الخامات :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة بتصنيع الخامات المستخرجة فى البلاد العربية وكذلك تصنيع الخامات المستوردة وتنسيق هذه الفعاليات فى البلاد العربية .

(ز) استثمار الغاز الطبيعى :

يضم البحوث العلمية والتطبيقية المتعلقة باستثمار الغاز الطبيعى محلياً أو المحافظة عليه بإعادة خزنه إلى باطن الأرض أو تصديره أو تسويقه أو القيام صناعة تعتمد عليه .

(ح) استخراج بوتاس البحر الميت :

دراسة مشروعات استخراج البوتاس والمنتجات العرضية الأخرى من البحر الميت وكذلك البحوث المتعلقة بالنقل والتصنيع والتسويق .

(ط) خامات مواد البناء وأحجار الزينة :

دراسة إمكانية التوسع فى استثمار خامات مواد البناء وأحجار الزينة واستعمالها .

ثالثاً — التخطيط الزراعى :

دور المهندس فى التخطيط الزراعى واستصلاح الأراضى (ويشمل هذا الموضوع مختلف المراحل الأساسية الموضحة فيما يلى) :

الدراسات :

١ — دراسات مساحية وإعداد الخرائط .

٢ — دراسات فى البحث عن مصادر المياه .

٣ — دراسات تصنيف التربة والمقننات المائية .

٤ — دراسات فى أنسب وسائل الرى والصرف .

استصلاح الأراضى :

١ — إعداد مشروعات الرى والصرف .

٢ — القيام بأعمال التسوية .

٣ — القيام بالأعمال الآلية (المكننة) الزراعية .

٤ — تخطيط القرى والمدن الفرعية والرئيسية .

٥ — التخطيط الإقليمى .

الخدمات :

١ — الطرق والمطارات .

٢ — محطات مياه الشرب وشبكاتها .

٣ — شبكات المجارى .

٤ — شبكات الإنارة الكهربائية .

الإنعاش الاقتصادى :

١ — الصناعات .

٢ — الصناعات البيتية والزراعية .

وترجو الهيئة نشر الدعوة لهذا المؤتمر بين السادة المهندسين وبصفة خاصة بين الإخصائيين الذين توفروا على دراسة هذه المشاكل لإعداد بحوثهم وإرسالها إلى جمعية المهندسين المصرية قبل المواعيد التالية :

٣٠ سبتمبر سنة ١٩٦٤ آخر موعد لإرسال موجز الأبحاث .

١٥ أكتوبر سنة ١٩٦٤ آخر موعد لتقديم الأبحاث من ثلاث نسخ مطبوعة على الآلة الكاتبة مع المرسومات بالحبر الشينى على ورق شفاف .

الاشتراكات :

الاشتراك فى عضوية المؤتمر مفتوح لكافة المهندسين العاملين فى البلاد العربية وكذلك للهيئات والشركات الهندسية والصناعية والمقاولات .

وقد حددت قيمة الاشتراك كما يلى :

مليم	جنيه	
٥٠٠	٢	للعضو .
٢٥٠	١	للمرافق (يعنى بالمرافق الزوجه أو الأخت أو الإبن أو الإبنة) .
٥٠٠	١٢	للهيئات أو الشركات (للهيئة أو الشركة حق إرسال مندوبين إثنين عنها) .

آخر موعد لقبول الطلبات ٥ نوفمبر سنة ١٩٦٤ .

وتقبل الإعلانات بدليل المؤتمر بالأسعار الآتية :

مليم	جنيه	
٠٠٠	٣٠	صفحة كاملة
٠٠٣	٢٠	نصف صفحة
٥٠٠	١٢	ربع صفحة

الرحلات :

ويتضمن برنامج المؤتمر بعض الرحلات الترفيهية للمرافقين والرحلات العلمية لأعضاء المؤتمر .

الهيئة الهندسية المصرية
اتحاد المهندسين العرب
مهندس
حامد سليمان

مخلفات المصانع

للمهندس رزق إشنادى

مقدمة :

تطورت الصناعة فى بلادنا تطوراً جعل من جمهوريتنا دولة من الدول الصناعية الكبرى بعد أن كانت إلى عهد غير بعيد دولة زراعية متخلفة — فقد أدخلت عدة صناعات جديدة وأنشئت عدة مصانع يكفى إنتاجها لسد حاجات بلادنا من الخامات والمواد الأولية التى تحتاج إليها فى شتى الميادين العلمية والاقتصادية والعسكرية ، كما أصبحت منتجات هذه المصانع لا تقل جودة بل وتضارع أحدث ما وصل إليه إنتاج الدول الصناعية الكبرى . وتواجه هذه الثورة الصناعية مشكلة من أدق المشاكل الجديرة بالبحث والدراسة إذ يتوقف عليها نجاح وتشغيل أى مشروع صناعى بالكفاءة والجودة المرجوة — تلك المشكلة هى كيفية التخلص من مخلفات هذه المصانع لإحتوائها على أحماض ومواد كيماوية وسوائل وغازات سامة ومواد صلبة تشكل خطراً على الصحة العامة ومواسير المجارى والمصبات المائية وغيرها إذا ما صرفت فيها هذه المخلفات دون تنقية .

ويتناول البحث فى هذا الموضوع النقط الأساسية الآتية :

١ — عرض لأهم الصناعات التى أدخلت فى بلادنا ومقدار التلوث الذى تحدثه كل صناعة على حده .

٢ — دراسة إمكان جمع المتخلفات المتشابهة فى محطة تنقية واحدة .

٣ — الطرق المختلفة (طبيعية — كيمائية — بيولوجية) لتنقية هذه المتخلفات قبل صرفها — مع الاستشهاد ببعض أمثلة عملية لطرق تنقية متخلفات بعض المصانع بالولايات الأمريكية .

٤ — كيفية التخلص من المياه والرواسب بعد التنقية .

٥ — تقسيم الصناعات إلى : صناعات غذائية — صناعات معدنية — صناعات كيماوية — صناعات ذات طابع مخصوص كالصناعات الذرية ووضع أسس ثابتة لطريقة تنقية متخلفات كل صناعة

محتويات مخلفات المصانع :

المخلفات الصناعية عبارة عن المواد الصلبة والسائلة والغازية التى تنتج من إعداد أو تحضير أى مادة واستعمالها فى السوق . وعلى العموم فإن أى تصرف زائد من هذه المخلفات والذى يحتوى على أى مركب به تلوث كيمائى أو بكتيرى مما له تأثير على عمليات المجارى أو الذى يقلل الأوكسجين الموجود فى الأنهار أو المجارى المائية أو الذى يضيف بعض عناصر ضارة إليها والتى ينتج عنها أمراض أو

مضايقات للذين يستعملون هـذه المجارى المائية لأغراض الشرب أو غير ذلك . كل هذا يمكن تسميته بالمخلفات الصناعية .

ومن الملاحظ أن كل بقايا المصانع ليست بمخلفات تسبب تلوثاً للأنهار فمثلا المـاء المستعمل فقط فى أغراض التبريد لآلات الاحتراق أو فى تكييف الهواء والذى لا يضاف إليه أى مواد ضارة أو الذى لا يتغير طبيعياً أو كيمائياً فإنه ليس بمخلف صناعى حقيقى .

وسوف نبحث فقط المخلفات التى تحتوى على مواد أو مركبات لها تأثير ضار على عمليات المجارى والأنهار والمجارى المائية إلى الدرجة التى تتعارض مع استعمال المياه وتفسد حياة الأحياء المائية .

بعض الصناعات المهمة التى ينتج عنها مخلفات تسبب تلوثاً :

١ — مصانع يتبقى عنها مخلفات تمتص الأوكسجين :

(مصانع تكرير السكر . مصانع تكرير البترول . مصانع البيرة . مصانع الألبان . معامل الخمور . المغـاسل . مصانع التعبئة والتغليف . مصانع كبس الورق . المدابغ . مصانع النسيج) .

٢ — مصانع ينتج عنها مخلفات ذات مواد عالقة كثيرة :

(مصانع البيرة . مصانع تقطير الفحم الحجرى . مصانع الغاز . آلات غسل الفحم . معـامل الخمور . مصانع التعبئة والتغليف . مصانع الورق . المدابغ مصانع الصلب) .

٣ — مصانع ينتج عنها مخلفات ذات مواد صلبة ذائبة :

(مصانع كيمائية . مدابغ . مصانع تيسير الماء) .

٤ — مصانع ينتج عنها مخلفات زيتية ودهنية :

(المغاسل . مصانع تشطيب المعادن . حقول البترول . مصانع التغليف . معامل تكرير البترول . المدابغ . مغازل الصوف) .

٥ — مصانع ينتج عنها مخلفات ملونة :

(مصانع الطلاء بالـكهرباء . مصانع الورق . المدابغ . مصانع صباغة النسيج) .

٦ — مصانع ينتج عنها مخلفات ذات طعم ورائحة :

(مصانع كيمائية . مصانع تقطير الفحم . معامل تـكرير البترول) .

٧ — مصانع ينتج عنها مخلفات سامة :

(معامل الطاقة الذرية . مصانع الأسلحة الذرية . مصانع كيميائية . مصانع الطلاء بالـكهرباء . مصانع لب الورق . مدابغ) .

٨ — مصانع ينتج عنها مخلفات حمضية :

(مصانع كيميائية . مناجم الفحم . مصانع الطلاء بالـكهرباء . مصانع الحديد والصلب) .

٩ — مصانع ينتج عنها مخلفات قلوية :

(مصانع كيميائية . مغاسل . مدابغ . مصانع النسيج).

١٠ — مصانع ينتج عنها مخلفات فى درجات حرارة مرتفعة :

(مصانع غسل الزجاج . مصانع الطلاء بالـكهرباء . المغاسل . مصانع النسيج) .

ومن أجل توضيح أهمية علاج المخلفات الصناعية لذلك يجب دراسة تأثيرها الضار .

تأثير المخلفات الصناعية على المجارى المائية :

١ — المواد العضوية التى تحويها المخلفات تتحلل ويصدر عنها روائح غير مرغوب فيها .

٢ — مخلفات صناعية تجعل الماء غير صالح للاستحمام أو الرى أو لشرب الحيوان ، كما أنها تميت الأسماك لقلة الأوكسيجين بها .

٣ — رواسب صلبة ترسب فى قاع المجارى المائية وتسبب تعطيل الملاحة .

٤ — كميات كبيرة من الأحماض أو القلويات تسبب تآكل الإنشاءات التى تبنى على جوانب المجارى المائية .

تأثير المخلفات الصناعية على عمليات المجارى :

إن مواسير المجارى هى أحسن وسيلة للتخلص من المخلفات الصناعية إذا كانت المواسير تتحمل هذا التصرف .

ومياه مجارى المنازل تسبب تخفيفاً لمياه المصانع عند صبها فى المواسير بحيث يصبح مجموع المياه صالحاً للتنقية ومقبولا .

وعلى العكس فإن صب مخلفات الصناعة فى المواسير يؤدى إلى متاعب عدة للأشخاص والمواسير وأعمال التنقية .

(أ) أخطار بالنسبة للأشخاص :

هذه الأخطار على نوعين رئيسيين : وهما خطر الحريق أو الانفجار والأخطار الناتجة من المواد السامة والغازات

المخلفات التى ينتج عنها انفجار :

تحدث عند صب المنتجات البترولية فى مواسير المجارى فى عدة مدن . ويكون الانفجار فى بعض الأحيان من الشدة بحيث يتلف المواسير نفسها أو يسبب فتح وصلات المواسير وعادت تحدث هذه الانفجارات تطايراً فى أغطية المطابق بالشوارع . وأحياناً تحدث أضراراً للأفراد وغيرها بالمتلكات المجاورة .

والجاسولين وغيره من المنتجات الهيدرو كاربونية المماثلة هى من أهم أسباب هذه الانفجارات كما أن الزيوت والكيماويات تحدث انفجارات شديدة. أما الحرائق والانفجار الذى يحدث من غاز المجارى فقد يسبب أحياناً حوادث للأشخاص وهذا الغاز يحتوى على نسبة كبيرة من غاز الميثين الناتج عن التعفن اللاهوائى للمواد العضوية المحتوى عليها مجارى المنازل أو بعض مخلفات الصناعة . والمواد الصلبة التى ترسب فى مواسير المجارى تتحلل مسببة متاعب كثيرة .

المواد السامة :

إن التصرف الناتج عن الغازات السامة أو عن السوائل التى يصدر عنها غازات سامة وأبخرة هذه جميعها تسبب أخطاراً جسيمة للعمال الذين يشتغلون فى مواسير المجارى وأعمال التنقية والخطر الرئيسى على العمال ليس عادة من المواد السامة نفسها ولكن من الغازات الناتجة عنها كثانى أكسيد الكربون والميثين وهما خطران لأنهما يحلا محل الأكسجين فى مواسير المجارى . كما أن الأبخرة البترولية تسبب نفس الخطر كما أنها سامة كذلك ويحدث الخطر من التحليل البكتيرى للمواد المحتوية على الكبريت مثل الكبريتات فى الظروف الغير هوائية فى أغلب عمليات المجارى وينتج عنها كبريتور الأيدروجين (Hydrogen-sulphide) بملأ مواسير المجارى وهو سام جداً .

أما السيانور (Cyanide) فى المخلفات الصناعية فإنه يسبب خطراً معيناً لسهولة تحلله إلى إيدروجين السيانور (Hydrogen - Cyanide) وهو غاز سام جداً .

(ب) أخطار على المواسير .

التأثير الايدروليكى :

وهو زيادة التصرف فى المواسير بإضافة التصرف الكبير من المخلفات الصناعية كالماء الناتج من تبريد آلات القوى . وتحلل المواد الصلبة فى المواسير ينتج عن صب مخلفات الصناعة المحتوية على مواد صلبة كثيرة قابلة للترسيب وبترسيبها تقل قدرة المواسير على تحمل مياه المجارى ويسبب فيضان المجارى وطفحها .

التأثير الكيمائى :

أهم تأثير كيمائى لمخلفات الصناعة على المواسير هو التآكل (corrosion) الناتج عن الأحماض والأملاح والايدروجين المكبرت وغيرها ، من العوامل الإ كالة وهذه المواد تفتت الإنشاءات الخرسانية . ومخلفات البلديات قلوية نوعاً ولذلك

فإن كميات قليلة من المواد الحمضية تتعـادل مع القلوية منها ولا يحدث عنها ضرر ما إلا إذا كانت المياه القلوية كثيرة فتسبب تخريباً للمواسير والإنشاءات .

(هـ) التأثير على أحواض التنقية :

زيادة التصرف : إن زيادة مياه المجارى الناتجة عن المخلفات الصناعية تؤدى إلى زيادة مصاريف الرفع بالمضخات إلى أحواض التنقية أو تؤدى إلى زيادة الحمل على المضخات إذا لم تكن مصممة لهذا التصرف الزائد .

كما أنه هناك تأثيراً آخر لزيادة التصرف وهو الإقلال من مدة مكث الماء فى أحواض التنقية وخصوصاً فى أحواض الترسيب حيث أن التصرف الزائد لا يسـاعد على الترسيب المطلوب كما أن زيادة التصرف تؤدى إلى زيادة استعمال المواد الـكيمائية المطلوبة فى أعمال التنقية والتعقيم .

زيادة المواد الراسبة :

زيادة المواد الراسبة التى تصل إلى عمليات التنقية تسبب زيادة الحمل على المصافى وأحواض الراسب الرملى وأحواض الترسيب وآلات رفع الحمأة .

كما أن التخلص من الرواسب يسبب متـاعب كثيرة بسبب زيادة حجمها مما تحتاج معه إلى زيادة أحواض تخمير الحمأة والمرشحات وأحواض التجفيف وآلات نقل الحمأة .

والمواد الصلبة الموجودة فى المخلفات الصناعية غير مرغوب فيها وليس ذلك لمـــا تسببه من متاعب عند نقلها ولـكن لأنها تختلف عن المواد الصلبة الموجودة بمياه المجارى العادية من حيث خواصها . والمواد الصلبة الطافية كالشعر والريش والأقمشة توجد بكثرة فى بعض المخلفات الصناعية ولا يمكن التلص منها فى عمليات تنقية المجارى العادية .

كما أن الزيوت والشحوم متعبة لأنها تسبب وجود مواد طافيـة (Scum) لا ترسب ولا تجف بسهوله . أما الزيوت الهيدروكاربونية (Hydrocarbon oils) فلا يمكن تخميرها وينتج عنها طبقة سميكة من المواد الطافية وتزيد الحمل على أحواض التخمير وتؤثر على تخمير المواد العضوية الأخرى .

زيادة الحمل من المواد العضوية :

كثير من المخلفات الصناعية تحمل حملا ثقيلا من المواد العضوية يقاس بتجربة الأكسوجين الحيوى الممتص B.O.D. (Biochemical oxygen Demand) أى احتياج عملية التنقية إلى أكسوجين يزيد عما تتطلبه مياه المجارى العادية لتنقيتها .

وإذا لم يعمل تنقية خاصة لهذه الميـاه بالمصانع قبل صبها فى مواسير المجارى العادية فإنها تزيد الحمل على وحدات عمليات التنقية كالمرشحات وأحواض تنشيط الحمأة . والنتيجة الحتمية لزيادة الحمل هى عدم التنقية الـكاملة للمجارى وخروج التصرف من أحواض التنقية غير كامل النقاوة .

التأثير الـكيمائى :

يزداد التأثير الـكيمائى إذا كانت المياه محتوية على أحماض وأملاح والتأثير الـكيمائى الآخر هو زيادة الاحتياج إلى الـكيماويات المستعملة فى أعمـال التنقية مثل الترويب حيث تستعمل الـكيماويات المساعدة على الترسيب وكذلك الـكيماويات المستعملة فى تحديد درجة تركيز الأيون الأدروجينى (الأس الايدروجينى) PH كذلك زيادة الـكلورين المستعمل فى التعقيم النهائى للمياه .

ولمخلفات الحـديد عادة رواسب غير ذائبة تسد ثقوب المرشحات ومسام ناشرات الهواء فى أحواض تنشيط الحمأة .

التأثير البيولوجى (الحيوى) :

إن تأثير المواد السامة فى المرحلة النهائية من التنقية مبنى على عمل البكتريا الهوائية فى المرشحات أو أحواض تنشيط الحمأة التى تتبع مرحلة الترسيب أو التنقية الابتدائية . والمواد السامة الغير قابلة للذوبان وكذا المواد المرسبة فى مياه المجارى والمخلفات الداخلة إلى عملية التنقية يحسن إزالتها فى عملية

الترسيب حتى لا تؤثر على المرحلة الثانية من التنقية ولكن المواد الذائبة لا يمكن إزالتها بالترسيب وبذلك ربما تؤخر أو تمنع نشاط البكتريا فى المرحلة النهائية .

تأثير المواد السامة فى أحواض تخمير الحمأة :

إن الحمأة التى تتجمع فى أحواض الترسيب الابتدائية وغيرها من أحواض الترسيب الميكانيكية (المروقات) تتأثر بالبكتريا اللاهوائية التى تتلف جزءاً من المواد العضوية الموجودة وتقلل من حجمها الكلى . ووجود المواد السامة فى الحمأة له تأثير مؤخر على نشاط البكتريا اللاهوائية وبذلك ربما تؤخر عملية تخمير الحمأة أو يمنعها بتاتاً .

وأغلب المواد السامة المعروفة هى مركبات المعادن الثقيلة ومنها أملاح الرصاص أو الزنك أو الكروم . وبما أن أملاح الحديد وأملاح الألومنيوم ليس لها تأثير على هذه العملية فإنه يمكن استعمال مثل هذه الأملاح بأمان فى أثناء التنقية الابتدائية للمساعدة على الترسيب .

والمواد السامة القابلة للذوبان تؤثر على عملية التخمير لأن الحمأة المرفوعة بالمضخات إلى حوض التخمير (Sludge Digestion Tank) تكون ٩٥٪ منها سائل ولذلك فإن المواد الذائبة تحمل إلى حوض التخمير بدرجة كبيرة .

معالجة مخلفات المصانع :

كما ذكر سالفاً فان المخلفات الصناعية تكون على ثلاثة أشكال وهى الصلابة أو السيولة أو الغازية وفى بعض الأحيان تكون على هيئة الثلاث أشكال معاً . ولو أن البحث فى هذا المقال يدور حول الحالة الخاصة بالمخلفات السائلة إلا أنه يحسن معرفة شىء عن المخلفات الصلبة والمخلفات الغازية .

(أولا) المخلفات الصناعية :

من أمثلة المخلفات الصلبة التى تصل إلى المجارى المائية هى نشارة الخشب والأتربة الناتجة عن تفتيت الفحم وبقايا العمليات والمعلبات والحمأة وبقايا الصناعات الكيماوية والمعدنية وبقايا عمليات تيسير الماء .

وهذه المخلفات الصلبة يجب فصلها من المخلفات السائلة فصلا تاماً بقدر الإمكان حيث أن فصلها وهى فى الحالة الصلبة أسهل . وهذا الفصل يمكن عمله بطرق بسيطة مثل التصفية والترسيب ومع ذلك فإن طريقة فصل المواد الصلبة يجب دراستها لكل نوع من المواد .

(ثانياً) المخلفات الغازية :

الغازات المزعجة والأتربة التى تخرج من مختلف الصناعات تسبب تلوثاً فى الجو ولمنع هذا التلوث يمكن غسل المخلفات الغازية بالماء أو بسوائل أخرى وهذه الطريقة يخرج عنها سوائل محملة بالغازات ستدرس فيما بعد . والطريقة الأخرى للتخلص من الغازات هى بواسطة التخفيف بكميات كافية من الهواء . والمثال على ذلك هو دفع مخلفات السيانيد بعد الأكسدة فى الهواء إذ يتحول السيانيد إلى غاز إيدروجين سيانيد ويدفع فى الهواء . وهذه الطريقة تبدو خطرة لأن غازات إيدروجين السيانيد له خواص سامة ولكن باستعمال كميات كبيرة من الهواء فإن الغاز لا يعتبر عندئذ ساماً .

(ثالثاً) المخلفات السائلة :

بعد خروج المخلفات السائلة من المصانع تصب فى بعض الأحيان بدون تنقية سواء فى مجرى مائى أو فى مواسير مجارى . ومقدار التسامح فى هذا الوضع يتوقف على كمية ودرجة تركيز المخلفات وعلى درجة التخفيف الذى يحدث باختلاط المخلفات بمياه المجرى أو ماء المجارى بالمواسير .

ويجب دراسة هذا الموضوع بعناية قبل السماح لأى مخلفات بدخولها المواسير أو المجارى المائية المحلية .

وفيما يلى دراسة للعوامل التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار وهى :

١ — حجم وفائدة المجرى المائى المستقبل للمخلفات .

٢ — حجم المخلفات بالمقارنة مع أقل تصرف للمجرى.

٣ — بعد أقرب بلدية تحت التيار تستعمل نفس المجرى المائى كمورد لمياه الشرب .

٤ — حالة المجرى المائى .

٥ — خواص المخلفات وتأثيرها المنتظر على استعمال المجرى .

(ا) لأغراض الشراب .

(ب) لأغراض الملاحة .

(ج) لأغراض النزهة أو السياحة .

(ى) لاستعمالها فى صناعات أخرى .

٦ — تأثير المخلفات على المنشآت المجاورة للمجرى .

٧ — التأثير المنتظر على شبكة المجارى المحلية بما فى ذلك أعمال تنقية المجارى من حيث القدرة على استيعاب التصرف الجديد والتأثير المنتظر على وحدات أعمال التنقيـة وطريقـــة التنقية . فإذا كان من الضرورى معالجة المخلفات كما هو الحال فى كثير من الحالات فإنه يحسن تجميع التصرفات المتماثلة لإمكان معالجتها فى عملية واحدة إذ أن لذلك مزايا عديدة منها :

١ — التكاليف بالنسبة للوحدة الحجمية فى عملية تنقية كبيرة أقل منها فى العمليات الصغيرة المصممة لتنقية كمية مخلفات صغيرة . وهذه التكاليف تشمل تكاليف المنشئات وإدارتها وصيانتها .

٢ — كمية الرواسب (الحمأة) والغاز والمياه الخارجة من العملية فى عملية تنقية كبيرة تكفى لاستعمالها لأغراض كثيرة . كما أن الحمأة المجففة تباع بثمن يساعد على الإقلال من تكاليف إدارة العملية إذ أنها تستعمل كسماد للزراعة .

وكمية الغاز النـاتجة من أحواض التخمير تستعمل لإدارة الآلات التى تعمل على تشغيل بعض وحدات عملية التنقية . والتصرف الخارج من العملية يمكن استعماله فى الرى وأغراض أخرى مثل تبريد الآلات . كما أنه فى عمليـات التنقية الصغيرة فإن كمية كل نوع مما سبق تكون صغيرة بحيث لا يمكن الاستفادة منها .

٣ — مخلفات المصانع المختلفة عند خروجها مع بعضها فإنها تتفاعل وبذلك تعمل على الترسيب بدلا من إضافة مواد مساعدة على الترسيب .

ولتوضيح هذه النقطة نذكر أن المخلفات الحمضيـة وتحتاج عادة إلى الجير والمواد القلوية المساعدة على التعادل يمكن عند إضافتها لمخلفات قلوية من مصنع آخر أن تعمل على التعادل المطلوب بدون تكاليف مطلقاً عدا تكاليف وضع مواسير لتوصيل المخلفات إلى عملية التنقية .

وفى حالات أخرى فإن المخلفات القليلة الـكمية وذات درجة عالية من معدل الأوكسجين الحيوى الممتص ، من مصنع معين يمكن إضافتهـا إلى مخلفات مصنع آخر كبير التصرف ومخفضة فى معدل الأوكسجين الحيوى وبذلك ينتج عنها خليط ذو معدل أوكسجين حيوى مقبول يمكن تنقيته اقتصادياً بالطرق العادية . وفى الختـام نرى أنه فى المناطق المزدحمة بالمصانع يجب دراسة جميع المخلفات من هذه المصانع حتى يمكن عمل تنقية لها اقتصادياً وبالتالى حل مشكلة التلوث .

تحليل المخلفات :

العامل المهم قبل دراسة تحليل المخلفات الصناعية هو الدراسة الكاملة لطبيعة وخواص المخلفات المطلوب معالجتها .

وأهم العوامل التى يجب تحقيقها هى :

١ — حجم المخلفات وأسبقية التخلص من التصرف وهذا يدعو إلى دراسة طريقة عملية التخلص من المخلفات لتحديد ساعات التشغيل للأنواع المختلفة من المخلفات .

٢ — اللون : ففى كثير من المصانع وخصوصاً مصانع النسيج حيث الصباغة من أهم أجزاء عملية الصناعة يحدث كثيراً أن يختلف لون المخلفات من آن لآخر أثناء اليوم

الواحد لأن مواد الصباغة المستعملة وهى من تركيب كيماوى مختلف ولذا فإن لها تفاعلات مختلفة أثناء العملية ولذلك كان من المهم معرفة اللون وأسبابه .

٣ — الحرارة : هذا العامل مهم لأنه ربما يدل على ضرورة أو عدم ضرورة تبريد المخلفات قبل معالجتها . وبعض المخلفات تصب فى درجة حرارة قريبة من درجة الغليان وهذا النوع ليس فقط من الصعب معالجته ولكنه كذلك يتلف العملية البكتريولوجية .

والمخلفات ذات الحرارة أكثر من ٥٥ درجة مئوية أو أقل من ١٠ درجات مئوية تؤخر أو توقف عملية التخمير .

٤ — درجة تركيز أيون الإيدروجين pH وهذا يدل على قلوية أو حمضية المخلفات وهو يدعو إلى دراسة احتمال تجميع المخلفات مع بعضها للحصول على مخلفات متعادلة طبيعياً أو مخلفات مرسبة .

٥ — كمية المواد الصلبة : وهذه تشمل المواد الصلبة العالقة أو الذائبة والمواد القابلة للرسوب وهى دليل على نوع المعالجة اللازمة للمخلفات .

٦ — المحتويات الكيميائية : من المهم معرفة محتويات المخلفات الكيميائية لتحديد نوع المعالجة اللازمة . والمواد المسببة للتلوث الشديد هى السيانور والكلورور والكبريتات والفينول وهذه يجب تحديدها بدقة .

٧ — الأكسجين الحيوى الممتص وهذا المقياس يدل إلى حد ما على قوة المخلفات ودرجة تلوثها وبناء على ذلك يمكن تحديد نوع المعالجة المطلوبة لها .

٨ — الشحوم والزيوت : محتويات المخلفات من الشحوم والزيوت يجب تحديدها بدقة لأنها تسبب متاعب فى عمليات التنقية إذ أنها تتسبب فى سد المواسير وناشرات الهواء وغيرها من الأجزاء الدقيقة . والشحوم فى السائل الساخن ربما لا تكون مضرة ولكن كلما بردت المخلفات فإن الشحم أو الدهن أو الصابون تسبب حصيرة على سطح أحواض الترسيب وأحواض التخمير وتدريجياً ترسب داخل المواسير والسطوح الأخرى التى يصل بها الأمر إلى أن تسد المجرى أو الأحواض الكالية .

٩ — البكتيريا : بعض المخلفات التى تحتوى على مياه غسل الحيوانات ربما تحتوى على كميات من البكتيريا وكثير منها غير ضار بالإنسان .

ومخلفات المدابغ مثلا تحتوى على البكتيريا العضوية من ذوات البذور التى يصعب جداً قتلها بالطرق العادية . وبعد الانتهاء من عمل التحليل السابق يمكن الحصول على فكرة عن تكوين وحالة المخلفات الخارجة من الأجزاء المختلفة من المصانع وعندئذ يسهل تحديد نوع التنقية المطلوبة .

جمع وفصل المخلفات :

تنقل مخلفات الصناعة الخارجة من المصانع إلى عمليات التنقية خلال شبكة مواسير المجارى . وهذه الأحواض والمواسير يجب تصميمها تصميماً خاصاً نظرة لطبيعة وخواص المياه الغير عادية المنصرفة إليها من حيث التركيز الكبير للمواد الصلبة القابلة للرسوب والزيوت الطافية والمواد المسببة للتآكل .

ومن المستحسن فصل هذه المخلفات من الوجهة الاقتصادية والفنية فمثلا فى عملية طلاء المعادن فإن مخلفات المصانع وسائل السيانور يجب حفظها بعيداً عن المخلفات الحمضية لأنه إذا مزجنا هذين السائلين صدر عنهما غاز سيانور الأيدروجين وهو غاز سام جداً . كما أنه يحسن فصل المخلفات القوية من المخلفات الضعيفة فى أثناء طريقها إلى أحواض التنقية للأسباب الآتية :

١ — المخلفات القوية يمكن إزالتها إذا لم تخفف بسوائل أخرى .

٢ — من الوجهة الاقتصادية فإن معالجة المخلفات القوية أرخص لصغر كميتها واحتياجها عندئذ لمواد كيميائية قليلة .

٣ — المخلفات الضعيفة المخففة يمكن التخلص منها بدون تنقية ولذلك يجب جمعها على انفراد .

كما أنه فى حالة الاحتياج إلى معالجة بسيطة للمخلفات الضعيفة فيكون إدخالها فى عملية التنقية بعد المعالجة الابتدائية للمخلفات القوية .

طرق معالجة المخلفات :

إن الطرق التى كانت تستعمل لمعالجة مياه المجارى وفى بعض الأحيان مياه البلديات يمكن تطبيقها على مياه المصانع . وتنقسم عمليات تنقية المخلفات إلى ثلاثة أقسام رئيسية هى: المعالجة الطبيعية . المعالجة الكيميائية . المعالجة البيولوجية .

١ — المعالجة الطبيعية :

وتحتوى هذه على العمليات التى لا تحدث تغييراً من الوجهة الكيميائية فى المخلفات مثل الترسيب والتصفية والترشيح والتسخين والتبريد والغليان والتبخير والتغير الكيمائى ربما يحدث مع هذه العمليات ولكنه مسبب عن العمليات الطبيعية .

٢ — المعالجة الكيمائية :

المعالجة الكيمائية وتعنى إضافة كيماويات إلى المخلفات وتدل على التغيرات الكيمائية فى محتويات المخلفات . ومن عمليات التنقية الكيمائية التعادل للأحماض أو القلويات وكذلك ترسيب هيدروكسيد المعادن والأكسدة بالهواء أو الأوزون أو الكلورين أو مواد أخرى وكذلك التبادل الأيونى .

٣ — المعالجة البيولوجية :

المعالجة البيولوجية ربما كانت هوائية أو لاهوائية . ومن طرق المعالجة الهوائية ترك المخلفات فى خنادق مفتوحة والترشيح البيولوجى وعملية تنشيط الحماة . أما المعالجة اللاهوائية فمنها عملية تخمير الحماة .

وفى كثير من الحالات فإن الطرق الثلاث المذكورة سابقاً ربما اندمجت مع بعضها فى أحواض تنقية اقتصادية واحدة للحصول على النتيجة المطلوبة .

فمثلا المعالجة بقذف المخلفات فى خنادق ليست فقط عملية هوائية ولكنها تعمل كذلك على الترسيب والتبخر وفى بعض الأوقات تعمل البكتيريا اللاهوائية فى بعض أجزاء من الخنادق .

المعالجة الطبيعية :

(ا) الترسيب : بما أن جميع عمليات معالجة المخلفات تستخدم الترسيب كعملية أساسية ولذلك سنبحث هنا بعض الأمثلة ومنها طريقة معالجة مياه مجارى البلديات إذ أنها تستعمل كما هى فى معالجة مخلفات الصناعة .

معالجة المجارى : يستعمل الترسيب كعملية أولية قبل القيام بالعمليات الأخرى وكعملية نهائية فى عمليات أخرى وهى عملية مهمة جداً فى جميع الحالات . والترسيب يأخذ شكلا من الأشكال الثلاثة الآتية وهى :

(ا) إزالة الرمال : فى جميع عمليات المجارى فإن المجارى الخام تمر فى حوض الراسب الرملى لترسيب الرمال التى تزيد عن ٠٫٢ ملليمتر (تحجز على منخل ٦٥) والمواد الصلبة التى تزيد وزنها النوعى عن ٢ أو ٢٫٥ ويصمم حوض إزالة الرواسب الرملية لمدة مكث حوالى دقيقة وتتراوح السرعة فى الأحواض بين ٠٫١٥ إلى ٠٫٣٠ متر فى الثانية .

وهذه العملية هى الخطوة الأولى فى التنقية بعد التخلص من الأخشاب والقماش وغيرها بمرورها فى المصافى .

وفى حالة مخلفات الصناعة يمكن إزالة الرمال بامرار المخلفات فى حفر ليس لها تصميم خاص حيث تمكث المخلفات مدة ٣٠ ثانية أو أكثر وهذه الحفر تفرغ محتوياتها من الرواسب والرمال سنوياً .

(ب) الترسيب الابتدائى :

بعد إزالة الرمال فإن الخطوة الرئيسية بعد ذلك فى عمليات تنقية المجارى هى الترسيب فالمجارى تدخل فى أحواض ترسيب سعتها ٢ ساعة فالترسيب يتخلص من ٣٠ إلى ٧٠٪ من المواد العالقة جميعها وبإزالتها فإننا نتخلص من ٢٠ إلى ٥٠٪ من الأكسجين الحيوى الممتص للمياه الخام .

وهذه الدرجة من التنقية تعمل تخفيض الجهد اللازم لخطوات التنقية التالية حيث يسمح باستعمال أحواض أصغر ويقلل من كميات المواد الكيمائية اللازمة فى عمليات التنقية مثل الكلورين .

وفى عمليات التنقية الصغيرة فإن الترسيب الإبتدائى يمكن أن يدمج فى أحواض التحليل أو أحواض إمهوف التى تعمل على حجز الحمأة وتخميرها بواسطة البكتيريا اللاهوائية . وفى كثير من الأحوال تزال الحمأة من أحواض الترسيب الابتدائية للتخمير فى وحدات مستقلة .

(ج) الترسيب النهائى :

فى العمليات البيولوجية كالترسيب أو أحواض تنشيط الحمأة فإن بعض المواد العضوية الذائبة تتأكسد إلى غازات أو مواد ذائبة لا تسبب تلوثاً للماء ولكن الجزء الأكبر يرسب كمواد صلبة وهذه المواد الصلبة تكون معلقة فى المياه الخارجة من الأحواض وتزال فى أحواض الترسيب النهائى وفى عملية الترسيب بالترويب أى باستعمال المروبات الكيماوية فإن هذه الكيميائيات تمزج مع مياه المجارى للحصول على مواد مروبة تعمل على جذب الجزيئات العالقة من المواد الصلبة والمواد الغروية ، وجميع المواد الغير قابلة للذوبان يمكن بعدئذ إزالتها فى أحواض الترسيب النهائية قبل صرف المياه .

مخلفات صناعة الورق :

يتخلف عن هذه الصناعة ألياف صغيرة كثيرة يحملها الماء خلال مصافى الورق وتخرج مع مياه المصنع كما يخرج كذلك مواد أخرى مثل الطفل . والماء الخارج من مصانع الورق يسمى بالماء الأبيض لأنه يحتوى على كمية كبيرة من المواد الصلبة العالقة .

والمواد التى يحملها الماء فيها خسارة على المصنع كما أنها تسبب تلوثاً لمياه المجرى إذ أنها تزيد سرعة الماء وتغير لونه ورائحته وتزيد فى الأوكسجين الحيوى الممتص . والحصول على هذه المواد أصبح عادياً فى معظم مصانع الورق وذلك باستعمال أحواض ترسيب مخروطية مصممة بحيث أن حجمها يتسع لتصرف ٣٠ دقيقة فتتخلص من حوالى ٣٠ — ٦٠٪ من الرواسب فى حالتها العادية . كما أن المياه يمكن إعادة استعمالها .

تصميم أحواض الترسيب :

معدل مسطح الترسيب هو العامل المهم فى حساب أحواض الترسيب إذا كانت العملية ترسيب فقط يبلغ حوالى ٦٠٠ — ٩٠٠ جالون للقدم المربع فى اليوم .

وفى أحواض الترسيب الابتدائية حوالى ٩٠٠ — ١٢٠٠ جالون للقدم المربع فى اليوم .

وفى أحواض الترسيب النهائية حوالى ٩٠٠ — ١٠٠٠ جالون للقدم المربع فى اليوم .

وعمق الحوض يكون على الأقل ٥ قدم أو ٨ — ١٠ أقدام والأعماق من ١٢ — ١٣ قدم تستعمل فى بعض الأحيان .

٢ — الطفو :

كثير من مخلفات الصناعة تحتوى على نسبة كبيرة من المواد الصلبة الرفيعة والدهنيات والشحوم والألياف وهذه المواد الصلبة لا تتحلل ولذلك تتدخل فى عملية التنقية .

والشحوم والدهون عند وجودها مع المخلفات السائلة الأبرد منها وفى أثناء مرورها فى مواسير المجارى تتجمد مكونة طبقة تغطى المواسير من الداخل تعمل على سدها كلية أو تسبب متاعب فى آلات توزيع المياه بالمرشحات .

كما أن المواد الليفية الرفيعة تكون حصيرة على سطح

أحواض الترسيب وفى أحواض تخمير الحمأة وهذه الحصيرة تتدخل فى عمل الأحواض كما أنها تؤخر خروج الغاز المتكون فى أحواض التخمير .

ويوجد عدة طرق لإزالة هذه المواد من المخلفات ومنها :

(ا) طريقة دفع هواء فى كتلة المخلفات حتى تعوم المواد الصلبة الخفيفة مسبباً ارتفاعها إلى السطح حيث يمكن كشطها .

(ب) الطريقة الثانية هى بسحب الهواء وبذلك ترتفع المواد الخفيفة إلى سطح الحوض .

وفى هذه الطريقة يجب تهوية المخلفات أولا لمدة بسيطة مكوناً فقاقيع هوائية دقيقة بها وهذه الفقاقيع تتجمع حول المواد الصغيرة الخفيفة وتساعدها على أن تعوم إلى السطح .

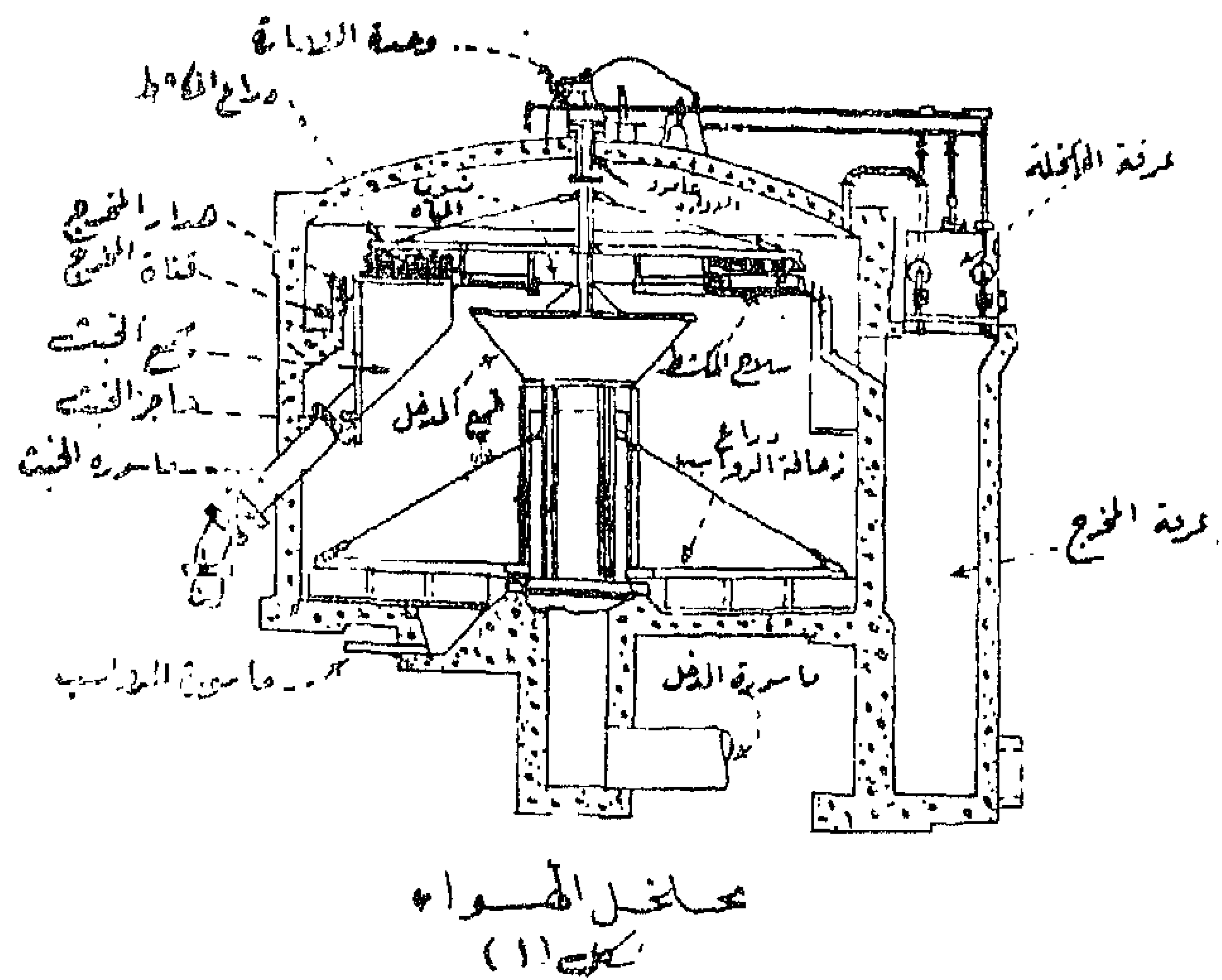
ثم تدخل المخلفات فى حوض مغلق حيث يخلخل الهواء إلى ٩ بوصات من الزئبق فالمواد المحاطة بالفقاقيع الهوائية تميل إلى الارتفاع إلى السطح ويساعدها سحب التخلخل مساعدة تسرع بها إلى الحركة الرأسية وتتجمع بسرعة على سطح السائل حيث تجمع باستمرار وتزال بزحافات ميكانيكية للبحث .

وهذه المواد الصلبة تمر بعدئذ فى مواسير خاصة إلى أحواض مستقلة لمعالجتها بدون إمرارها فى أحواض التنقية .

والأحواض الخاصة المذكورة تمر فيها المواد السابقة بسرعة كبيرة نظراً لأنها سبق تهويتها وتخفيف الهواء عنها عما هو الحال فى أحواض الترسيب العادية حيث تطفو المواد.

وفى حوض الترسيب العادى المزود بزحافات ميكانيكية لجمع الحمأة وذراع لجمع الخبث فان السرعة تبلغ ٨٠٠ — ١٠٠٠ جالون للقدم المسطح الواحد من مسطح الحوض . أما فى الحوض المفرغ المذكور فإن الرقم لا يقل عن ٥٠٠٠ جالون للقدم المسطح من مسطح الحوض وذلك يتوقف على نوع المخلفات المطلوب إزالتها وسرعة ارتفاعها بالأحواض .

ومثل هذه الأحواض أصغر وأرخص من أحواض



مخلخل الهواء
شكل (١)

الترسيب العادية المعروفة وهى ذات أثر كبير على المخلفات وخصوصاً المحتوية على الزيوت والمحتوية على بقايا المدابغ أو المحتوية على مواد صلبة خفيفة وهذا النوع مبين فى (شكل ١) .

٣ — الترشيح :

الترشيح عبارة عن الطريقة الميكانيكية لفصل المواد الصلبة العالقة من السائل بامرار هذا السائل فى وسط مسامى يحجز المواد الصلبة فى الجهة التى يدخل منها السائل . وهذه العملية مشابهة لعملية الترسيب ولو أنها تختلف عنها فى الطريقة .

والترشيح يكلف أكثر بكثير عن الترسيب ولكن الأحواض والآلات اللازمة تحتاج إلى مساحة أقل والترشيح أسرع والمواد الصلبة التى تتبقى عن عملية الترشيح تكون تقريباً صلبة . والآلات اللازمة للترشيح عبارة عن :

(ا) مصافى ومنها ذات الفتحات الواسعة والأخرى الضيقة .

(ب) مرشحات الرمل ومثيلاتها حيث تستعمل المواد الحبيبية كوسط للترشيح .

(ج) المرشحات التى تستعمل وسط لين كالقماش مثلا .

المصافى :

المصافى ذات الفتحات الواسعة (Coarse screens) :

تتراوح المسافة بين الأسياخ فى المصافى ذات الفتحات الواسعة بين ½ إلى ٢ أو ٣ بوصات تستعمل عادة لحماية مداخل المضخات وغيرها من الأجهزة من التلف أو الانسداد بالأشياء الصلبة الكبيرة الحجم .

والمواد الصلبة التى تحجزها هذه المصافى تحتوى على العصى وغيرها من الأخشاب والخرق والورق والمتخلفات الحيوانية والنباتية .

والمصافى ذات الأسياخ يمكن تركيبها محلياً وتثبت فى مجرى المخلفات على زاوية حوالى ٤٥ درجة بحيث تميل إلى خلف المجرى .

وتنظيف هذه المصافى يمكن أن يتم باليد العاملة وذلك فى أعمال المجارى الصغيرة وفى أعمال تنقية مخلفات الصناعة . أما فى أعمال التنقية الكبرى . فتنظف المصافى آلياً إذ تتحرك قضبان عرضية مثبت بها أصابع تدخل بين أسياخ المصافى لتنظيفها . وهذه القضبان التى تحمل الأصابع مثبتة فى سلسلة مستمرة تتحرك آلياً فينظف ما بين الأسياخ من أسفل إلى أعلى . كما يمكن أن تثبت الأصابع فى عربة تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل أمام المصافى .

وأجهزة التنظيف هذه لا تعمل باستمرار ولكنها تشتغل عند اللزوم ويقوم بتشغيلها العامل المسئول عن مرفق التنقية . كما يمكن تشغيلها بواسطة عوامة تشتغل ذاتياً بالضغط الفاقد فى مرور الماء خلال المصافى .

ويمكن تسهيل عملية تنظيف المصافى إذا لم تكن موضوعة رأسياً بل قريباً من الأفقى والانحدار القريب من الأفقى يساعد على التنظيف لأن المواد الصلبة تتجمع فى الجهة العليا من المصافى . وبالعكس فإن المصافى القريبة من الأفقى تحتاج إلى أسياخ أطول وتجعل التنظيف اليدوى صعباً . وإذا كانت مسطحة تماماً وكانت سرعة المياه خلالها تزيد عن ٢ قدم فى الثانية فإن المواد الصلبة ربما تندفع خلال الأسياخ . والأسياخ ذات القطاع على شكل شبه منحرف وجانبها الصغير فى جهة المخرج فإنها تكون منظفة ذاتياً ومن السهل إبقاؤها نظيفة .

ومن مساوىء المصافى بالأسياخ أن إنشاءها فى المجارى المكشوفة يقلل من معدل التصرف المار خلال المجرى ولهذه الظاهرة سببان :

أولهما : هو نقص مساحة القطاع الذى تمر فيه المياه نظراً لوجود عائق هو أسياخ المصافى وقد أمكن معالجة هذا العيب بتوسيع قطاع المجرى فى مكان المصافى وقريباً منها .

والسبب الثانى : هو الإنسداد الجزئى لعيون المصافى بسبب تراكم الرواسب عليها . وتجمع الرواسب المحجوزة على المصافى بالطرق الآلية أو اليدوية ثم تعد للتخلص منها نهائياً إما بالدفن أو الحرق وإذا لم تتيسر هاتين الطريقتين فإنه يمكن تقطيع أو طحن هذه المتخلفات الصلبة إلى أجزاء صغيرة تمهيداً لخلطها بالمياه وذلك باستعمال آلات خاصة مثل جهاز التقطيع لكى تعالج فى أحواض الترسيب .

٢ — المصافى ذات الفتحات الضيقة :
(Fine - screens)

يصنع هذا النوع من المصافى من أسلاك من الصلب أو أى مادة تقاوم التآكل . وكثيراً ما يستعمل البرنز والصلب عديم الصدأ فى صناعة هذه المصافى كما استعمل البلاستيك وعدة سبائك أخرى لهذا الغرض . وتتراوح سعة فتحات هذا النوع من المصافى بين ١/١٦ ، ⅛ من البوصة . ورغم أن المصافى ذات العيون الضيقة نادرة الاستعمال فى أعمال التنقية بمياه المجارى العادية إلا أنها شائعة الاستعمال فى أعمال التنقية لكثير من متخلفات الصناعة كمصانع تعبئة الخضروات واللحوم والفواكه . والمدابغ وسائر المتخلفات التى تحتوى على مواد صلبة دقيقة .

ولهذه المصافى عدة أشكال وأنواع تعتمد فى تشغيلها إما

على الدوران أو الاهتزاز وذلك بقصد تسهيل عملية التنظيف وإزالة الرواسب فهناك النوع الأسطوانى وهو يتركب من إطار معدنى مغطى بشبكة سلكية (وهى المصفاة) مفتوح من كلتا جهتيه . وتنغمس المصافى جزئياً فى المياه المطلوب تنقيتها وتدور الأسطوانة بحيث تتجمع المواد الصلبة الناتجة من التصفية على الوجه الخارجى للمصافى ويصير إزالتها من الجزء العلوى غير المغمور من الأسطوانة إما بواسطة الفرش أو بالإستعانة بالقوة الطاردة المركزية فى حالة استعمال المصافى الدوارة ذات السرعة العالية وتخرج المياه بعد تخليصها من المواد الصلبة من الجهة الأخرى المفتوحة من الأسطوانة تجاه محورها .

تطبيقات عملية :

١ — صناعة تعبئة الخضروات والفواكه واللحوم :

تعتبر المصـــافى ذات الفتحات الضيقة من الوحدات الأساسية فى عمليات تنقية متخلفات صناعة التعبئة فى العلب لمالها من أثر فعال فى التخلص من جزء كبير من المواد العالقة وبالتالى تخفيف العبء على وحدات التنقية التى تلى المصافى وقد تستعمل كلا النوعين سالفى الذكر — المصافى الدوارة والمصـافى المهتزة — وتزال المواد الصلبة المتخلفة من عملية التصفية أولا بأول بواسطة تيار موجه من الماء وبالإضافة إلى هــذا فإنه يصير تنظيف المصافى يومياً بالبخار لتخليصها من الشحوم والمواد العضوية التى قد تسبب الإنسداد الكلى أو الجزئى لفتحات المصافى . وغالباً ما تحتوى المياه الخارجة من المصافى على مواد دقيقة . ولذا فإنه من الضرورى فى مثل هذه الحالات معالجة المياه فى أحواض ترسيب للتخلص من هذه المواد . وجدير بالذكر أنه فى أحدى الوحدات التجريبية أثبتت المعـالجة فى المصافى ذات الفتحات الضيقة كفاءة تامة بحيث خرجت منها المياه (على درجة عالية من النقاوة) إلى المرشحات مباشرة دون الحاجة إلى أحواض الترسيب .

٢ — صناعات أخرى :

للمصافى ذات الفتحات الضيقة أهميتها فى معالجة متخلفات مصانع التغليف نظراً لاحتوائها على كميات هائلة من المواد التى يمكن فصلها فى حالة جافة والاستفادة منها .

كما أن لها أهميتها أيضاً فى معالجة متخلفات معامل التقطير ومصـانع البيرة حيث تضغط المواد الصلبة المتخلفة عن عملية التصفية وتجفف ثم تستعمل كغذاء للماشية .

وفيما يختص بمخلفات مصانع الألبان فإنه بالرغم من عدم إحتوائها على أى مواد يمكن الاستفادة منها بعد حجزها على المصافى فإن الأمر يقتضى أحيـاناً معالجتها فى المصافى ذات الفتحات الضيقة قبل المرشحات وذلك بقصد التخلص من الندف الصغيرة المتكتلة أثناء التشغيل والتى قد تسبب إنسداد مسام المرشح .

(ب) مرشحات الرمل السريعة :

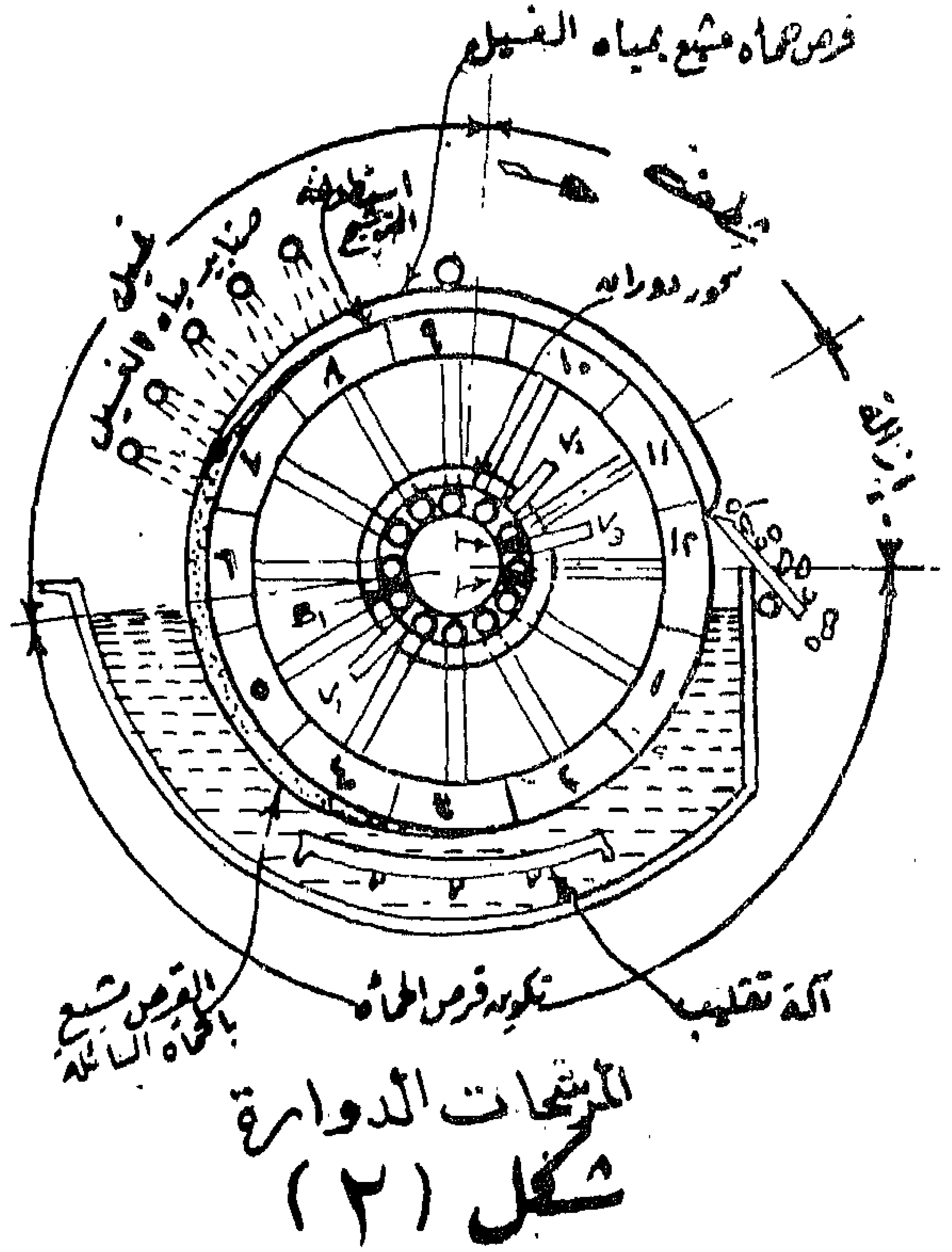
يتكون المرشح الرملى من طبقة سفلى من الزلط تعلوها طبقة من الرمل الخشن وهـذه الأخيرة تعلوها طبقة من الرمل الناعم . وينساب السائل المطلوب ترشيحه خلال طبقات المرشح من أعلى إلى أسفل حتى يصل إلى المصارف الموجودة فى قاع المرشح فيسلك طريقة إلى الخارج . ولغسيل المرشح هناك عدة طرق أكثرها استعمالا هى الطريقة المتبعة لغسيل المرشحات لمياه الشرب وهى تتخلص فى ضغط المياه من أسفل المرشح إلى أعلاه بمعدل كاف لتقليب طبقة الرمل .

ومن أمثلة المرشحات الحديثة الاختراع مرشح (الماجنتيت) الذى يتكون من طبقة من صخر الماجنتيت بسمك ٣ بوصات وبأسفلها مصفاة من البرنز أو أى مادة أخرى غير مغناطيسية ويتم غسيل هـذا النوع من المرشحات بواسطة مغناطيس كهربائى مهمته تقليب طبقة الماجنتيت المطلوب غسيلها . وفى هذه الأثناء يسلط تيار مائى خلالها لتخليصها من المواد العالقة بحبيباتها ولم يلق هذا النوع من المرشحات أى نجـاح نظراً لوجود بعض العقبات الآلية فى التشغيل . أما التطبيق العملى الأساسى لفكرة المرشحات الرملية فهو عبارة عن أحواض تجفيف الحمـأة المتخلفة من أحواض الترسيب أو أحواض التخمير . والتى تحتوى على نسبة مياه تتراوح بين ٩٠ ،

٩٨٪ إذ تنساب الحمأة إلى الأحواض حيث تحجز المواد الصلبة وتتسرب المياه خلال طبقة الترشيح إلى مجرى المخرج وتترك الحمأة لتجف وبعدئذ تنقل إلى حيث تستغل كسماد أو خلافه .

(ج) الترشيح خلال طبقة قماشية :

تسمى مرشحات هـذا النوع بالمرشحات الدوارة . (شكل ٢) وهى تتكون من هيكل معدنى أسطوانى يغطى سطحه الخارجى طبقة الترشيح وتدور هذه الأسطوانات ببطء حول محورها الأفقى بحيث ينغمس جزؤها الأسفل فى السائل المطلوب ترشيحه . وبواسطة الخلخلة الهوائية داخل الأسطوانة يمكن سحب المياه خلال طبقة الترشيح إلى داخل الأسطوانة حيث يمكن التخلص منها بواسطة عدة مواسير داخلية أما الرواسب فتبقى ملتصقة بطبقة الترشيح بفعل الخلخلة الهوائية إلى أن تصل إلى منسوب علوى تنعدم فيه تأثير الخلخلة وعندئذ يمكن غسلها بالمياه للتخلص من المواد الذائبة بقرص الحمأة .. ثم يصير فصل القرص من المرشح بواسطة مكشطة خاصة كالمبين بالشكل وقبل أن تعود للانغماس



المرشحات الدوارة
شكل (٢)

فى سائل الحمأة . ويمكن استعمال قرص الناتج من هذه العملية كسماد . أما المياه النـاتجة من عملية الترشيح فتعاد لخلطها بالمياه الخام فى مستهل عملية التنقية . وتفيد إضافة الـكيماويات مثل كلوريد الحـديديك والجير فى زيادة معدل الترشيح والحصول على قرص الحمأة فى درجة عالية من الجفاف .

تطبيق عملى :

استعملت طريقة الترشيح المستمر بالخلخلة الهوائية فى معالجة متخلفات صناعة تعبئة اللحوم حيث تم خلط الحمـأة المتخلفة من حوض الترسيب الابتدائى والنهائى وإضافة كلوريد الحديديك والـكلورين وترشيح هذا الخليط فى المرشحات سالفة الذكر . وقد أمكن الحصول على قرص حمأة يحتوى على نسبة مياه تقدر بحوالى ٧٥٪ .

تشغيل الطاقة الحرارية :

هنـاك عدة طرق لمعالجة متخلفات الصناعة تعتمد فى فكرتها على رفع أو خفض درجة الحرارة ورغم كونها غير اقتصادية لما تحتاجه عملية التسخين أو التبريد إلى كميات كبيرة من الوقود أو مياه التبريد فإن الصور المختلفة التالية لتشغيل واستغلال الطاقة الحرارية قد استعملت فى بعض الوحدات لمعالجة متخلفات الصناعة وأهم هذه الصور :

(ا) التسخين .

(ب) التبريد .

(ح) التبخير .

(ى) التجفيف .

(ه) الحرق .

وفيما يلى شرح لأهمية هذه الطرق وتطبيقات عملية :

(ا) التسخين : لتسخين متخلفات الصناعة المزايا التالية :

١ — قتل البكتريا والـكائنات الحية الأخرى بالتسخين لدرجة الغليان — أى الوصول إلى حالة التعقيم .

٢ — تجمع البروتينات والمـواد الغروية الأخرى وتكتلها بتأثير الحرارة وبالتالى سهولة التخلص منها .

٣ — غالباً ما يفيد التسخين فى طرد الغازات والمواد الطيارة مثال ذلك سيانيد الايدروجين من المتخلفات الحمضية لمصانع الطلاء بالـكهرباء . وكبريتيد الايدروجين من المتخلفات البترولية .

٤ — تخفيض معدل الأكسجين الحيوى الممتص بنسبة ٦٠ — أو ٧٠٪ من قيمته الأصلية عندالتسخين إلى ضغط ٢٠٠ رطل على البوصة المربعة . وترتفع هـذه النسبة إلى ٩٠٪ برفع درجة الحرارة والضغط وبذا يمكن الحصول على متخلفات سهلة التنقية .

٥ — يفيد التسخين فى تحويل المتخلفات المحتوية على مادة السيانيد إلى مركبات الصوديوم والنشادر . فقد أثبتت التجارب أنه بالتسخين لدرجة حرارة ١٦٠ إلى ١٧٠ درجة مئوية لمدة تتراوح بين ٣ و ٧ ساعات يمكن خفض درجـة تركيز السيانيد من ١٠٠٠٠ جزء فى المليون إلى حوالى ٤ أجزاء فى المليون فقط .

طرق التسخين :

يمكن الحصول على الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة السائل إما بتسخين جدران الحوض المحتوى عليه أو بتلامس السائل للغازات والأبخرة الساخنة .

وللطريقة الأولى عيب هو فقدان كميـات كبيرة من الحرارة أثناء انتقالها خلال الجدران المعدنية للحوض والمواد الراسبة بداخله والتى تقف حائلا دون انتقال جزء كبير من الحرارة إلى السائل المراد تسخينه . وتنتج أغلب هذه المواد من ترسيب الـكيماويات والمواد العضوية الموجودة فى السائل نتيجة لتسخينه .

وقد أمكن التغلب على هذا العيب باستعمال المسخنات المغمورة كما هو متبع فى الطريقة الثانية . وتتم هذه العملية بخلط الغاز والهواء وحرقهما تحت سطح السائل المطلوب تسخينه وتتصاعد نواتج الاحتراق على هيئة فقاعات ساخنة خلال السائل حتى تصل إلى سطحه العلوى وبهذه الطريقة أمكن الحصول على كفاءة حرارية عالية لم يكن من الممكن الحصول على مثلها فى الطريقة الأولى .

تطبيق عملى : (تسخين أحواض تخمير الحمأة) :

هناك طريقتان لتسخين محتويات أحواض تخمير الحمأة

أولاها — باستعمال المواسير الملفوفة داخل الحوض والتى يمر بداخلها تيار مستمر من المياه الساخنة .

والطريقة الثانية : باستعمال جهاز التبـادل الحرارى الخارجى .

وفى كلتا الطريقتين يتم تحلل المواد العضوية بواسطة البكتيريا اللاهوائية وفى درجة الحرارة المناسبة .

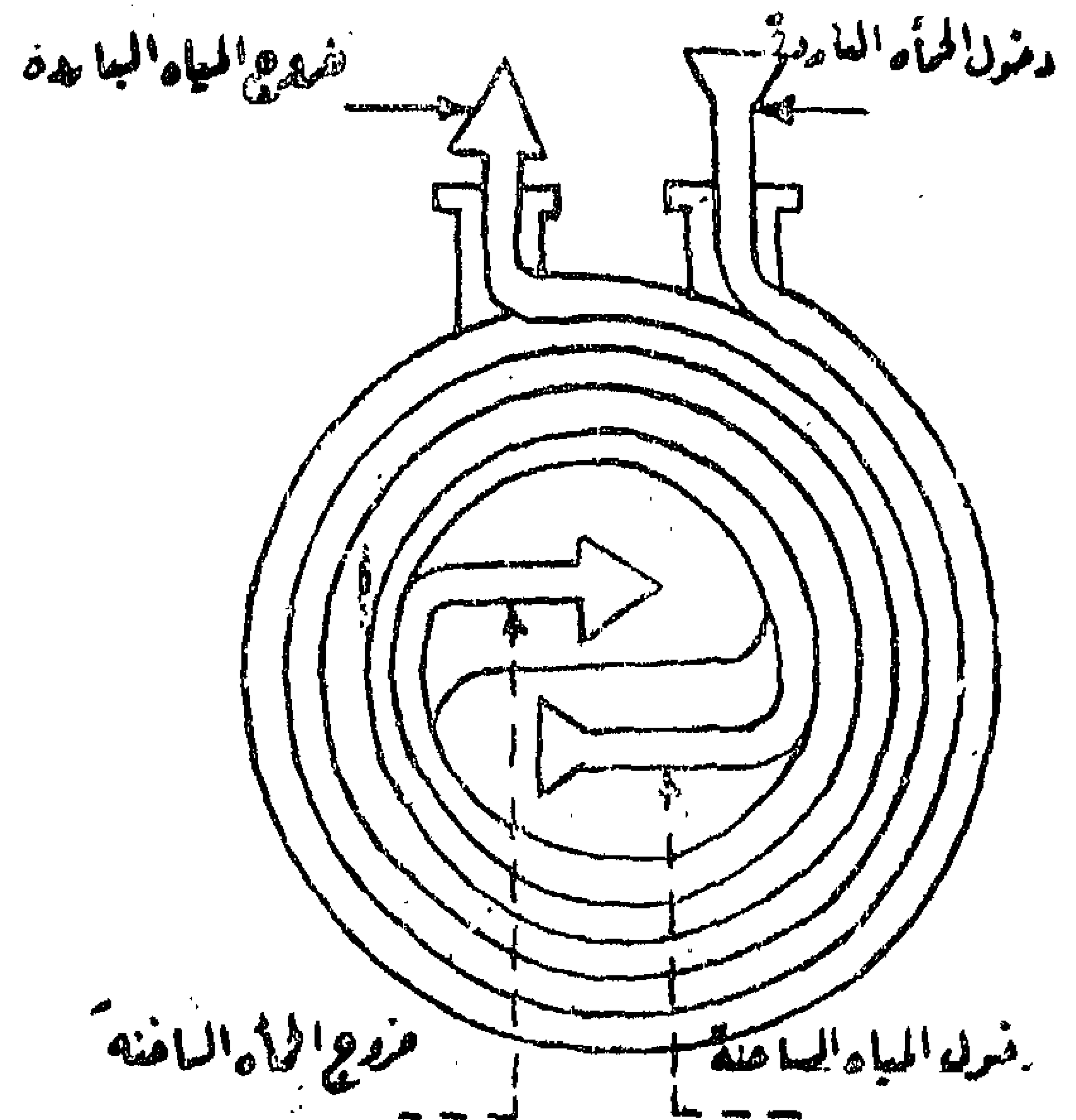
ويعيب الطريقة الأولى وجود الرواسب حول المواسير الملفوفة والتى تكون عازلا قوياً يمنع إنتقال الحرارة من داخل الأنابيب إلى محتويات الحوض ولتوضيح ذلك :

تبلغ درجة حرارة المياه الساخنة عند دخولها للمواسير حوالى ٥٥ درجـة مئوية وعند خروجها بلغت ٤٣ درجة مئوية ، أى أن المياه الساخنة لم تفقد سوى ١٢ درجة مئوية فقط أثناء مرورها بالحوض . ويعيب هذه الطريقة أيضاً عدم إمكان الوصول إلى المواسير الملفوفة لإجراء أى تصليح أو تنظيف فيها إلا بعد تفريغ الحوض من محتوياته — الأمر الذى يتسبب عنه تعطيل العملية

أما الطريقة الثـــانية : وهى التى تستخدم فيها أجهزة التبادل الحرارى الخارجية والتى أصبحت الآن المنافس الأول لطريقة المواسير الملفوفة سالفة الذكر فهى تمتاز عن سابقتها بأن جميع العدد والآلات الخاصة بها فى متناول اليد ويسهل إجراء أى إصلاح أو تجديد أو الـكشف عليها دون الحاجة إلى تفريغ محتويات الحوض أو تعطيل العملية . ويستعمل جهاز التبادل الحرارى لتسخين الحمأة الداخلية إلى الحوض وللمحافظة على محتويات الحوض فى درجة حرارة ثابتة وذلك

بتبادل محتويات الحوض مع جهاز التسخين فى دورة مستمرة .

ومن الأمثلة الحديثة لهذا النوع — ذلك الجهاز المعروف باسم (المبادل الحرارى اللولبى (شكل ٣) ويتركب من أنبوبتين معدنيتين رقيقتى الجدران ملفوفتين حول بعضهما فى شكل لولبى بحيث تخصص إحدى هاتين الأنبوبتين لمرور المياه الساخنة بينما تخصص الأخرى لمرور السائل المطلوب تسخينه . وتنتقل الحرارة خلال جدران الأنابيب المعدنية الرقيقة دون حدوث أى اختلاط أو تلامس بين المياه الساخنة ومحتويات الحوض .



المبادل الحرارى اللولبى

شكل (٣)

(ب) التبريد :

لما كانت هناك عدة صناعات يتخلف عنها سوائل ساخنة بحيث يتعذر معها إجراء أى عملية للتنقية فقد تبين أنه من الضرورى تبريد هذه المتخلفات قبل معالجتها ويتم ذلك بتعريض هذه المتخلفات على مساحات كبيرة أو فى برك قليلة العمق للهواء الجوى .

(ح) التبخير :

تعتبر عملية التبخير من العمليات باهظة التكاليف خصوصاً إذا استعملت فى معالجة متخلفات عديمة الفائدة أو لا يمكن إعادة الإنتفاع بها واستغلالها . وذلك نظراً لما تتطلبه هذه العملية من طاقة حرارية وأجهزة متعددة ومن أجل هذا صار استعمال هذه الطريقة قاصراً على متخلفات الصناعات التى يمكن استخلاص مواد نافعة منها ومثال ذلك :

١ — متخلفات صناعة لب الورق حيث تستخلص منها المواد الكيماوية بتجهيز السوائل المحتوية عليها .

٢ — مخلفات مصانع البيرة والتقطير حيث ينتج من تبخيرها مواد غذائية للأغنام .

ومن أمثلة المتخلفات التى تعالج بالتبخير رغم عدم الانتفاع بالمواد المتبقية بعد عملية التبخير المتخلفات المحتوية على عناصر تعطى إشاعات ذرية وتفيد عملية التبخير فى هذه الحالة فى التخلص من أكبر كمية ممكنة من السوائل أما المواد المتبقية فيصير حرقها أو دفنها .

(د) التجفيف :

المقصود بتجفيف أى مادة صلبة هو تخفيض نسبة المياه بها بالطرق الطبيعية أو الآلية . مثال ذلك ما هو متبع لتجفيف الحمأة المتخلفة من أحواض الترسيب الإبتدائية أو من أحواض تخمير الحمأة بقصد استعمالها كسماد . إذ يصير تخفيض نسبة المياه بالحمأة السائلة وذلك بالترشيح خلال مسام الرمل أو بواسطة المرشحات الدوارة يلى ذلك عملية التجفيف التى تتم فى أحواض قليلة العمق تعرف بأحواض تجفيف الحمأة حيث تتعرض الحمأة إلى أشعة الشمس والحرارة الجوية اللتان تعملان على تجفيفها . ومن أمثلة الصناعات التى تعالج متخلفاتها بهذه الطريقة صناعة حفظ اللحوم والصناعات الغذائية الأخرى حيث تستخدم المرشحات الدوارة التى تعمل بالخلخلة الهوائية . وقد سبق شرحها لتحويل الحمأة السائلة إلى قرص حمأة يسهل تجفيفه فى مدة وجيزة .

(هـ) الحرق :

من الطرق الشائعة للتخلص من الحمأة الناتجة من المتخلفات العضوية حرقها بعد تخليصها من أكبر جزء من المياه وذلك بقصد التوفير من كمية الوقود اللازمة لعملية الحريق وأمثلة ذلك عديدة فهناك أفران خاصة لحرق متخلفات صناعة اب الورق بعد تبخيرها . وينتج من هذه العملية طاقة حرارية ومواد كيماوية يمكن استغلالهما فى تشغيل عمليات أخرى فى نفس الصناعة .

الحمأة المتخلفة من معامل تكرير البترول :

قد تعالج هذه الحمأة لاستخلاص ما يمكن استخلاصه من الزيت . ولكن فى أغلب الأحيان تحرق هذه الحمأة . وفى هذه الحالة تقدر قيمتها الحرارية بحوالى ١٠ آلاف إلى ١٥ ألف وحدة حرارية بريطانية للرطل B.T.U/Pound

التنقية بالطرق الكيماوية :

يدور البحث فى هذا الموضوع حول التفاعلات الكيماوية بين المواد المسببة للتلوث والمواد الكيماوية التى تضاف أثناء عملية التنقية . ويتخلف عن هذه التفاعلات إما مواد لاتسبب التلوث وبالتالى فإنها غير ضارة وذلك مثل المحاليل المخففة للأملاح وهى التى تتخلف من عمليات التعادل أو مواد يسهل التخلص منها بالطرق الميكانيكية مثل الرواسب التى يمكن فصلها فى أحواض الترسيب .

وفيما يلى عرض للعمليات الكيماوية التى استعملت على نطاق واسع فى تنقية متخلفات الصناعة .

التحكم فى درجة تركيز الأيون الأيدروجينى (ق يد)

ترجع أهمية هذه العملية إلى الخطورة التى تكمن وراء إلقاء متخلفات الصناعة الحمضية (ق يد أقل من ٧ وخصوصاً من صفر إلى أربعة) أو القلوية (ق يد أعلى من ٧ وخصوصاً من ٩ إلى ١٤) فى المجارى المائية أو مواسير المجارى .

وتسمى عملية التخلص من الحمضية الزائدة أو القلوية الزائدة باستعمال المواد الكيماوية المضادة بعملية « التعادل » .

تعادل المتخلفات الحمضية :

المتخلفات الحمضية غالبة الحدوث فى كثير من الصناعات وخصوصاً الصناعات الكيماوية وصناعة المعادن . وإلى حد ما فى الصناعات العضوية والأغذية وترجع خطورة المتخلفات الحمضية إلى قدرتها الفائقة على نحر ما قد يعترضها من مواد الإنشاء كالخرسانة والحديد وخلافه . وقدرتها أيضاً على محو أى أثر للأحياء المائية ، ولذا فإنه من الضرورى معادلة هذه المتخلفات الحمضية قبل إلقائها فى أى مجرى مائى أو خلطها بمياه المجارى أو حتى معالجتها فى أحواض مستقلة .

والمواد الكيماوية التالية تستعمل على نطاق واسع لمعادلة المتخلفات الحمضية .

(ا) قلويات الصوديوم :

وأهمها الصودا الكاوية (ايدروكسيد الصوديوم ص ا يد) وكربونات الصوديوم (ص٢ ك أ٣) لما لهما من مميزات على سائر القلويات الأخرى فهى سريعة الذوبان فى الماء ومن ثم فإنه من اليسير التحكم الإوتوماتيكى فى الجرعات اللازم إضافتها كما أن فاعليتها تكون سريعة مع المتخلفات الحمضية ولكن نظراً لارتفاع أثمان هذه المواد فإنه يقتصر استعمالها فى الوحدات الصغيرة التى تعالج كميات ضئيلة من السوائل الحمضية .

(ب) مشتقات الجير القاعدية :

وأهمها الجير الحى (أكسيد الكالسيوم) والجير المطفى (هيدروكسيد الكالسيوم ، والمانيزيا أكسيد الماغنسيوم) ولو أن هذه الأخيرة ليست من مشتقات الجير إذ أنهما متشابهان كيماوياً . ثم الدولوميت وهو عبارة عن خليط أو مركب من أكاسيد أو هيدروكسيد الكالسيوم والماغنسيوم ومما يميز هذه القلويات عن سابقتها (قلويات الصوديوم) إنخفاض أسعارها . ونظراً إلى أنها بطيئة الذوبان فى الماء فإن

استعمالها يتطلب التقليب لمدة طويلة لضمان إتمام التفاعل على الوجه الأكمل .

والمواد المتخلفة من هذا التفاعل عديمة الذوبان فى الماء ولذا فإن الرواسب المتكونة يصير التخلص منها بالترسيب أو الترشيح . وتقوم هذه الرواسب بعمل الكيماويات المروبة إذ تجذب إليها المواد العضوية والغروية العالقة بالمياه فيسهل ترسيبها .

(حـ) الحجر الجيرى :

وهو عبارة عن كربونات الكالسيوم ويكون عادة مخلوطاً بكربونات الماغنسيوم وله نفس خواص مشتقات الجير القاعدية سالفة الذكر . ويستعمل الحجر الجيرى لمعادلة المتخلفات المحتوية على أحماض حرة إذ يرفع درجة تركيز الأيون الأيدروجينى لها إلى ٤ أو ٤٫٥ ويتسبب عن ذلك كميات هائلة من غاز ثانى أكسيد الكربون . وتفيد التهوية فى التخلص من ثانى أكسيد الكربون الذائب وبذا ترتفع درجة التركيز الأيونى إلى حوالى ٦ .

(د) قلويات أخرى :

إنه لمن دواعى الإقتصاد استغلال المتخلفات القلوية لمعالجة المتخلفات الحمضية ، وذلك بمجرد خلطهما . وبذلك نكون قد تخلصنا من مشكلتى الحمضية والقلوية فى وقت واحد .

وأمثلة ذلك عديدة فالحمأة المتخلفة من عملية تيسير الماء تكون قلوية وحمـأة الإستيلين تكون قلوية . وكذلك كربونات الكالسيوم الراسبة .

وتتم عملية خلط المتخلفات الحمضية والقلوية فى أحواض خاصة تسمى أحواض التعادل . مثال ذلك ما هو متبع فى معالجة متخلفات الصباغة والتبييض .

وتتوقف كمية الرواسب المتكونة من عملية التعادل على مدى قابلية المواد الناتجة من التفاعل للذوبان . فمثلا تستعمل قلويات الكالسيوم لمعادلة حامض الكبريتيك مكونة كبريتات الكالسيوم عديمة الذوبان فى الماء . وهذه تكون جزءاً من الحمأة . أما إذا استعملت قلويات الصوديوم فإنها تكون كبريتات الصوديوم سريعة الذوبان فى الماء ولذا فانها تبقى ذائبة فى المحلول .

تعادل المتخلفات القلوية :

المتخلفات القلوية غالبة الحدوث فى كثير من الصناعات الكيماوية وفى صناعات لب الورق والنسيج والجلود ومعامل تكرير البترول .

ولا تقل المتخلفات القلوية خطورة عن المتخلفات الحمضية إذا ما ألقيت بكميات كبيرة فى المجارى المائية أو مواسير المجارى .

وكما ذكر من قبل فإنه إذا أمكن معادلة هذه المتخلفات بخلطها مع متخلفات حمضية فى أحواض تعادل يكون هذا هو الحل الإقتصادى السليم وإذا لم يتيسر هذا فإن المواد المبنية بعد تستعمل لهذا الغرض :

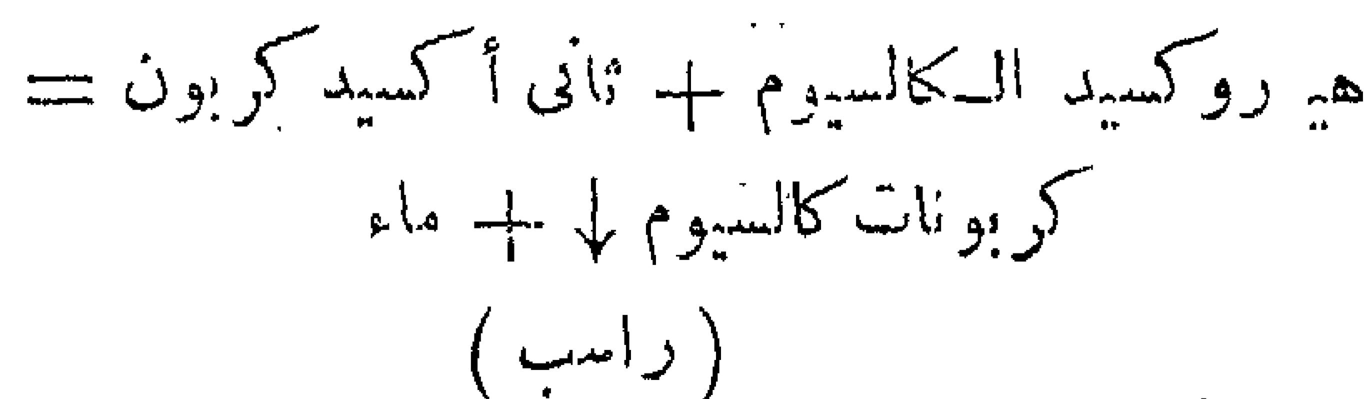
(ا) الأحماض القوية :

وأرخصها حامض الكبريتيك وهو يستعمل لخفض درجة التركيز الأيونى إلى حوالى ٧ فى مدة وجيزة .

(ب) الأحماض الضعيفة :

تستعمل الأحماض الضعيفة إذا لم تكن سرعة التفاعل أمر هام أو لم تكن درجة التركيز الأيونى أقل من ٨ وأرخص طريقة هى باضافة فقاقيع غاز ثانى أكسيد الكربون إلى السائل القلوى فيتحول الغاز إلى حامض الكربونيك وتتطلب هذه العملية منفاخ خاص لدفع الغاز داخل السائل بصفة مستمرة . وتتبع هذه الطريقة فى معالجة المتخلفات القلوية للمدابغ حيث تستخدم هذه الصناعة كميات كبيرة من الجير فى عملية إعداد الجلود . ويستخدم غاز ثانى أكسيد الكربون لمعادلة الجير وخفض درجة التركيز الأيونى ويتخلف عن عملية التعادل رواسب من كربونات

الكالسيوم ويتم هذا التفاعل طبقاً للمعادلة الآتية :





٢ — الأكسدة والإختزال .

لعمليتى الأكسدة دور هام وفعال فى معالجة كثير من متخلفات الصناعة حيث تؤدى أكسدة المواد العضوية الملوثة إلى تكوين مواد غير ضارة إطلاقاً ويسهل التخلص منها أو استعمالها فى أغراض أخرى ومن هذه المواد ثانى أكسيد الكربون . الماء . غاز النيتروجين . النيتريت . النيترات . وأيونات الكبريت .

أما عملية الإختزال (أخذ أكسجين أو إعطاء إيدروجين) فهى عكس عملية الأكسدة . ولها استعمالات قليلة فى عمليات التنقية .

المواد المؤكسدة والمختزلة .

من أهم المواد المؤكسدة شائعة الإستعمال الأكسجين الجوى إذ يمثل العامل المؤكسد فى عمليات حرق المجزأة العضوية ويستعمل أكسجين الجوى أو الذائب فى الماء فى أكسدة أملاح الحديدوز إلى مركبات الحديديك . ومن العوامل المؤكسدة الأخرى الكلور والمسحوق المبيض وما يتبعه من مشتقات الكلور والأوزون والبرمنجنات والكرومات والنيرات .

ويمكن إحداث تفاعلات الأكسدة والإختزال كهربائياً باستعمال ألواح معدنية (مصعد ومهبط) كما هو متبع فى صناعة الطلاء بالكهرباء .

أما المواد المختزلة فهى نادرة الإستعمال فى معالجة متخلفات الصناعة ويكاد يكون استعمالها قاصراً على اختزال الكرومات المتخلفة من عملية الطلاء بالمعادن . ويستعمل لذلك أملاح الحديدوز والكبريتيت وثانى أكسيد الكبريت وهى المواد المختزلة شائعة الإستعمال .

المعالجة بالكلور :

أدخل فى تنقية مياه المجارى استخدام الكلور منذ مئات السنين مبتدئاً بالجير المضاف إليه الكلور — وكان ذلك بقصد إزالة الرائحة وأعقب ذلك بمدة طويلة استعمال الكلور للتعقيم ولخفض معدل الأكسجين الجوى الممتص لمياه المجارى قبل صبها فى المجارى المائية . كما أثبت الكلور فاعليته فى التغلب على الرغاوى والشحوم والمواد الطافية وكذا ذباب البسيكودا فى مرشحات الزلط .

الصور المختلفة للكلور .

(ا) الكلور السائل :

وهو الأرخص والأكثر استعمالا ويعبأ فى اسطوانات مختلفة السعة وقد تصل إلى طن واحد .

(ب) الهيبوكلوريت :

يستعمل كلوريد الجير والمسحوق المبيض أو هيبوكلوريت الجير فى الوحدات الصغيرة .

(حـ) غاز ثانى أكسيد الكلور (كل أ٢) :

وهو ينتج فى موقع العمل . فى جهاز خاص بمعالجة كلورات الصوديوم ص كل أ٣ بغاز الكلور ويخلط فور إنتاجه بالماء لعمل محلول منه ويضاف بالنسب المقررة إلى المتخلفات المطلوب تنقيتها . ولا يستعمل هذا الغاز كثيراً نظراً لارتفاع تكاليفه بالمقارنة بغاز الكلور ويكاد يكون استعماله قاصراً على المتخلفات المحتوية على فينول .

التفاعلات الكيميائية للكلور .

إذا أضيف غاز الكلور إلى الماء فإنه يكون نوعين من الحامض . حامض الهيبوكلوريت وحامض الهيدروكلوريك وذلك طبقاً للمعادلة الآتية .

كل٢ + يد٢ أ ← يد أ كل + يد كل

ويسبب الحامض الأول تكوين أيونات الهيبوكلوريت (أ كل —) وهى العامل الفعال فى جميع تفاعلات الكلور .

ولدرجة التركيز الايونى (ق يد) دور هام فى هذا التفاعل فإذا كانت (ق يد) أقل من ٢ — يلاحظ وجود الكلور الذائب (كل٢) .

وإذا كانت (ق يد) من ٣ إلى ٦ يلاحظ وجود حامض الهيبوكلوريت .

وإذا كانت (ق يد) ٧٫٥ إلى ٩٫٥ — يلاحظ وجود أيونات الهيبوكلوريت .

وإذا كانت (ق يد) أكثر من ٩٫٥ يكون العامل السائد والفعال هو أيونات الهيبوكلوريت فقط (أ كل —) ويلاحظ أن إضافة الكلور إلى مياه المجارى أو أى متخلفات أخرى يتسبب عنه خفض درجة القلوية أو بمعنى آخر خفض درجة تركيز الإيون الإيدروجينى (ق يد) نظراً لتكوين الأحماض سالفة الذكر . ولتفسير ذلك فإن جزء واحد فى المليون من الكلور يعادل على الأقل ٠٫٧ جزء فى المليون من درجة القلوية (كربونات كالسيوم كا ك أ٣) .

وتؤكسد أيونات الهيبوكلوريت المواد المختزلة ويتخلف عن ذلك أيونات الطوريد (كل̄) مثال ذلك أكسدة كبريتد الإيدروجين إلى كبريت وفى نفس الوقت الهيبوكلوريت إلى كلوريد — طبقاً للمعادلة الآتية :

ا كل كب + يد٢ ← كب + كل + يد٢ ا

ويتفاعل محلول الكلور مع النشادر أو المركبات العضوية للنتروجين كالبروتينات والأحماض الأمينية مكوناً الكلورامين (ن يد٢ كل ، ن يد كل٢) أو مشتقاته العضوية .

مدة التفاعل :

من المعروف أن المدة اللازمة لإتمام فاعلية الكلور فى التعقيم هى حوالى ١٥ دقيقة لمياه المجارى العادية إلا أن المعالجة بالكلور لمتخلفات الصناعة قد لا يكون الغرض الأساسى منها هو التعقيم فقط ولهذا فإنه ليس هناك مدة قياسية كما هو الحال فى مياه المجارى العادية . ولكن أمر تحديد المدة اللازمة يتوقف على الغرض الذى من أجله أضيف الكلور .

استعمال الكلور للتنقية الجزئية :

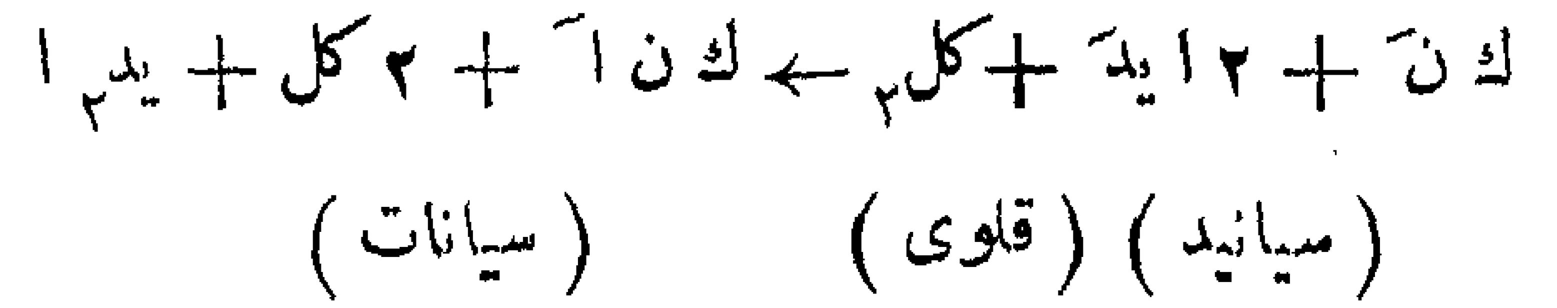
(ا) للتنقية الابتدائية : قد يضاف الكلور إلى مياه المجارى أو متخلفات الصناعة قبل دخولها إلى محطة التنقية وذلك بقصد منع التحلل والتعفن فى أحواض الترسيب وما يسبقها . كما تبين أن إضافة الكلور يساعد على تجميع وتجاذب المواد العالقة والبكتريا وبالتالى سرعة وسهولة التخلص منها بالترسيب ولا يخفى ما للكلور من فوائد أخرى فى منع الروائح الكريهة التى يرجع سببها إلى تولد غاز كبريتيد الايدروجين إذ يتفاعل الكلور مع هذا الغاز كما سبق شرحه ويمنع تولده .

(ب) للتنقية النهائية : قد يضاف الكلور أيضاً إلى المياه بعد خروجها من محطة التنقية وذلك لتعقيمها وخفض كمية الأكسجين الحيوى الممتص إلى الدرجة التى تسمح بإلقائها فى المصبات المائية أو المجارى .

تطبيقات عامة :

١ — المتخلفات المحتوية على السيانيد : يضاف الكلور إلى مثل هذه المتخلفات لتحويل السيانيد إلى سيانات . وهذه الأخيرة أقل خطورة بنسبة ١ — ١٠٠٠ من السيانيد وذلك فيما يختص بدرجة التسمم . وهناك شرط هام لضمان نجاح إجراء هذا التفاعل بالصورة سالفة الذكر ذلك هو الحصول على وسط قلوى إذا أسفرت التجارب التى أجريت فى وسط

حمضى عن تكوين غاز كلوريد السيانوزين السام (ك ن كل) بكميات كبيرة ، ولذا فإنه يتحتم وجود مادة قلوية من شأنها رفع درجة تركيز الأيون الأيدروجين إلى أكثر من ٨٫٥ وتحت هذه الشروط يتم التفاعل طبقاً للمعادلة .



وتقدر القرعة اللازمة من الكلور لأكسدة السيانيد بحوالى ٣ أرطال كلور لكل رطل سيانيد وذلك مالم تحتوى المتخلفات على مواد أخرى تستهلك الكلور إذ يلزم فى هذه الحالة تحديد كمية ونوع هذه المواد وبالتالى زيادة جرعة الكلور بالقدر الذى تتطلبه هذه المواد .

مثال ذلك : تبين أن إضافة الكلور إلى متخلفات السيانيد التى لم يسبق معالجتها فى أحواض الترسيب يتطلب ثلاثة أضعاف كمية الكلور سالفة الذكر ولذا فإنه من دواعى الاقتصاد إزالة المواد العالقة قبل إضافة الكلور .

٢ — المتخلفات المحتوية على فينول .

تعالج هذه المتخلفات بالأكسدة بالكلور أو أى مادة مؤكسدة أخرى كثانى أكسيد الكلور أو الأوزون أو البرمنجنات . وإذا استعمل الكلور فإنه يتحتم وجود كميات وفيرة منه طول الوقت وذلك لمنع تكوين الكلوروفينول وخروجه مع المياه المنقاة . وقد يضاف الجير قبل الكلور لرفع درجة التركيز الأيونى النهائى إلى ٧ أو ١٠ لضمان أكسدة الفينول على أتم وجه . وكما هو الحال فى مركبات السيانيد فإن ترسيب متخلفات الفينول قبل إضافة الكلور إليها يوفر فى الجرعة اللازم إضافتها من الكلور توفيراً هائلا قد يصل إلى ٧٥٪ .

٣ — متخلفات مصانع النسيج :

للكلور عدة استعمالات فى مثل هذه المتخلفات فهو قاصر للألوان ومساعد الترويب وتجميع المواد العالقة كما يستعمل لمعالجة متخلفات الصباغة لما له من قدرة على التبييض ولعل متخلفات كشط اللزوف من أكثر مواد الصناعة تلوثاً لاحتوائها على نسبة عالية من شحم الصوف الذى يمكن فصله وإعادة استعماله . وقد ثبت بالتجربة أن إضافة الكلور يخفض معدل الأكسجين الحيوى الممتص إلى ٨٠ أو ٩٠٪ والمواد العالقة والشحوم إلى ٩٥٪ وقد أمكن الإنتفاع بحوالى ٧٠٪ من كمية الشحوم الراسبة وذلك بصورة مرضية وبطريقة تجعلها صالحة للبيع .

وتقدر كمية الهيبوكلوريت اللازمة بحوالى ٣٠ إلى ٤٠ رطلا من الكلورين الفعال لكل ١٠٠٠ جالون من المياه الملوثة ويمكن القول بأن هذه العملية مرتفعة التكاليف إلا أن المواد التى يمكن فصلها وإعادة الإنتفاع بها كثيراً ما تغطى جزءاً من هذه التكاليف .

٤ — متخلفات مصانع الورق :

إن الغرض الأساسى من استعمال الكلور فى معالجة هذه المتخلفات هو منع تكون الوحل فى المياه البيضاء المعادة التى تبين إستحالة استعمالها بدون إضافة الكلور . ويلزم فى هذه الحالة الإحتفاظ بنسبة كلور متبقى تتراوح بين ٠٫٢ ، واحد جزء فى المليون وذلك لضمان إيقاف أى نمو عضوى فى هذه المياه وبالتالى إمكان استعمالها والتوفير فى الإستهلاك الكلى للمياه .

٥ — متخلفات المدابغ :

نادراً ما يضاف الكلور إلى متخلفات المدابغ لاحتياجها إلى كميات كبيرة منه نظراً لإحتوائها على نسبة عالية من المواد العضوية ولكنه قد يضاف إلى هذه المتخلفات بعد معالجتها بوسائل قليلة التكاليف وتخليصها من جزء كبير من المواد العضوية الملوثة . وعندئذ تنخفض النسبة المطلوب إضافتها من الكلور .

الأكسدة بالتحليل الكهربائى :

(سريان تيار كهربائى خلال المحلول بين لوحى المصعد

والمهبط) يغلب استعمال هذه الطريقة فى معالجة المتخلفات على مادة السيانيد من مصانع الطلاء بالكهرباء أو خلافها وذلك بتجفيف تركيز هذه المادة إلى الدرجة المسموح بها والتى تجعلها قابلة لعمليات التنقية الأخرى دون إفسادها كما أنه أمكن فى بعض الحالات جمع السيانيد المترسب على ألواح المصعد وإعادة استخدامه صناعياً . ومن العوامل التى تساعد على سرعة أكسدة السيانيد بهذه الطريقة إرتفاع درجة الحرارة وشدة التيار الكهربائى وإنخفاض قوة تركيز الأيون الإيدروجينى .

ففى أحدى التجارب بلغ فرق الجهد الكهربائى ٦ فولت وتراوحت شدة التيار الكهربائى بين ٢٨٠٠ إلى ١٠٠٠ أمبير وبلغت مساحة الأقطاب المعدنية ٧٢ قدماً مربعاً . وتراوحت درجة الحرارة بين ١٥٥ و ١٩٥ درجة فهرنهيت . وقد أسفرت نتيجة هذه التجربة عن تخفيض تركيز السيانيد الموجودة فى ٧٠٠ جالون من محلول يحتوى عليه . ومن ١٨٠٠٠ جزء فى المليون إلى أقل من ١٠ جزء فى المليون فى مدة ٣٥ ساعة .

كما أمكن تخفيض تركيز النحاس من ١٦٠٠٠ جزء فى المليون إلى صفر بترسيبه على لوح المصعد فى صورة يمكن معها جمعه وإعادة استخدامه بعد تنظيفه

ومن مزايا هذه الطريقة أنه لا يتخلف عنها أى حماة أو رواسب يصعب التخلص منها وإمكان الانتفاع بالمعادن المرسبة .

مواد أخرى مؤكسدة :

١ — نترات الصوديوم (ص ن ا٣) كثيراً ما تضاف نترات الصوديوم إلى مياه الأنهار والمستنقعات التى تنخفض فيها نسبة الأكسجين الذائب نتيجة تلوثها بالمواد العضوية أو خلافه وتعمل النترات على إمداد البكتريا الهوائية بالأكسجين اللازم لها حيث ثبت أن للبكتريا قدرة فائقة على انتزاع الأكسجين من مادة النترات الذائبة . وبالتالى إمكان أكسدة المواد العضوية وإيقاف التعفن والروائح الكريهة سواء من مياه المجارى أو من المياه المتخلفة من مصانع لب الورق وحفظ الأغذية ومن بعض الصناعات الأخرى .

٢ — البرمنجنات والديكرومات :

تعتبر هذه المواد من أقوى العوامل المؤكسدة للمواد العضوية أو ما يماثلها كالسيانيد وهى باهظة التكاليف وسامة إذا استعملت بكميات كبيرة .

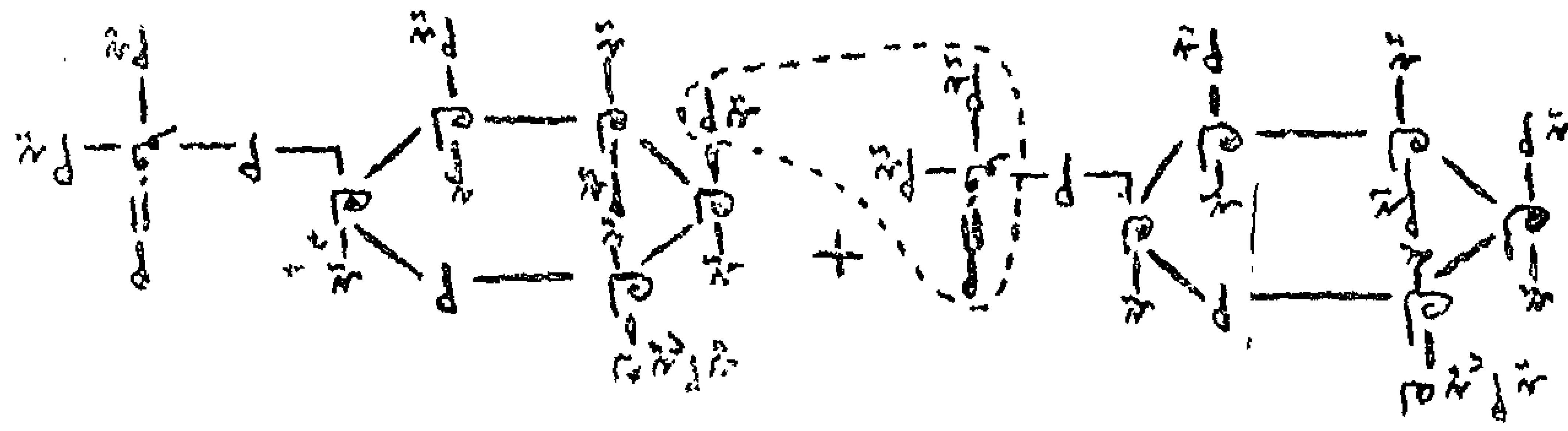
٣ — فوق أكسيد الايدروجين H_2O_2 وحامض النيتريك ، ويستعملان لأكسدة متخلفات بعض الصناعات وقد اقتصر استعمالها على بعض حالات قليلة نظراً لارتفاع تكاليفها .

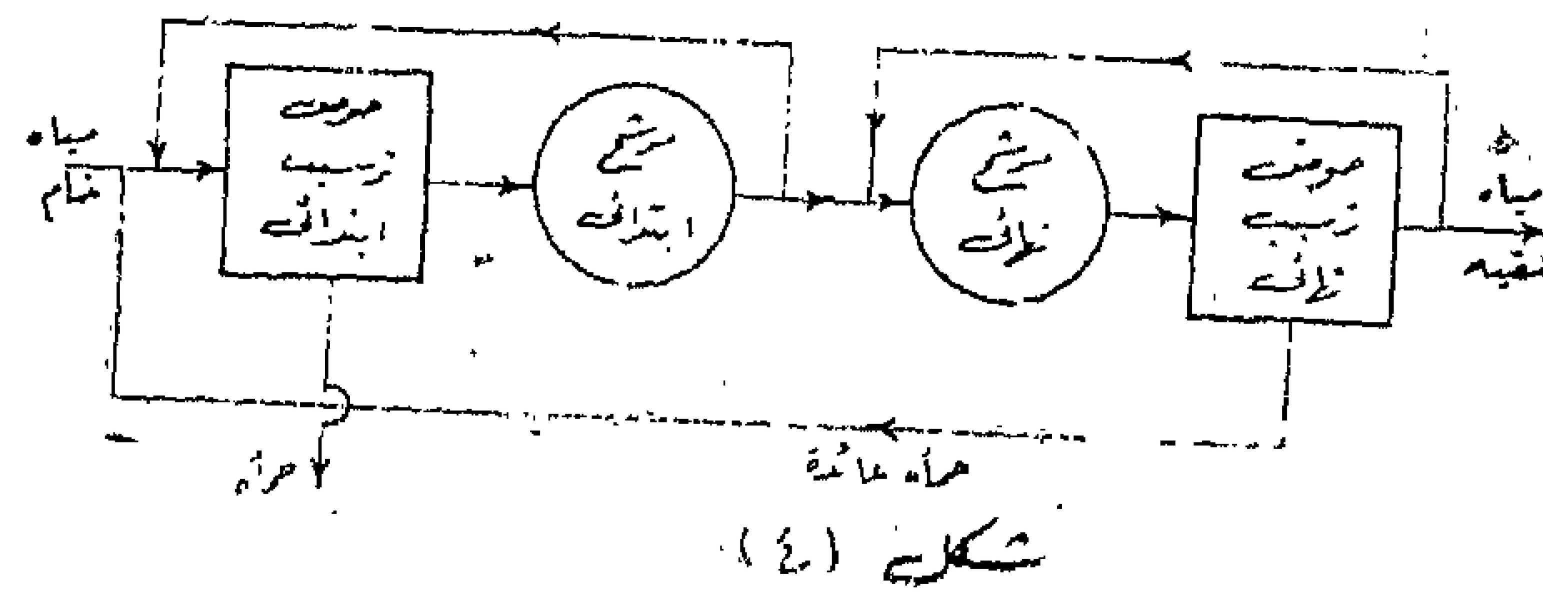
الاختزال

قد تستعمل نظرية الاختزال فى معالجة متخلفات بعض الصناعات وأهمها الكروم المتخلف من الصناعات المعدنية والطلاء الذى يلزم التخلص منه قبل إلقائه فى المصبات المائية أو مواسير المجارى حيث أنه من أخطر المواد السامة .

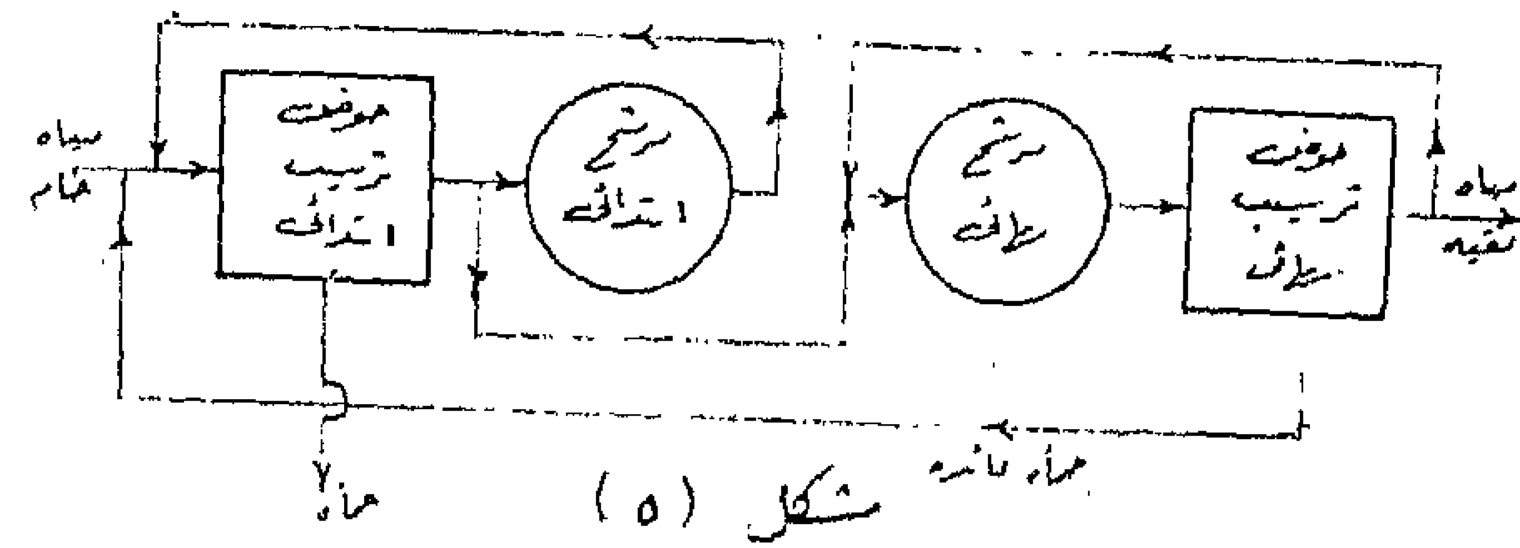
وتتلخص طريقة معالجته باختزاله من كروم سام سباعى التكافؤ إلى كروم غير سام ثلاثى التكافؤ Cr^{+++} ثم ترسيبه بمادة قلوية .

والمواد المختزلة شائعة الاستعمال هى كبريتات الحديدوز وثانى أكسيد الكبريت والكبريتيت والزنك المعدنى ويتم اختزال الكرومات فى محلول حمضى تتراوح درجة (ق يد) له بين ٢ ، ٢٫٥ بإضافة ثانى أكسيد الكبريت أو أى مادة مختزلة أخرى حتى يتم اختزال جميع الكرومات نهائياً . ثم ترسيب الكروم ثلاثى التكافؤ بإضافة الجير أو الصودا الكاوية إلى أن تبلغ درجة (ق يد) ٧٫٥ — ٨٫٥ . ويحتاج كل رطل من الكروم إلى ٣ رطل من ثانى أكسيد الكبريت .

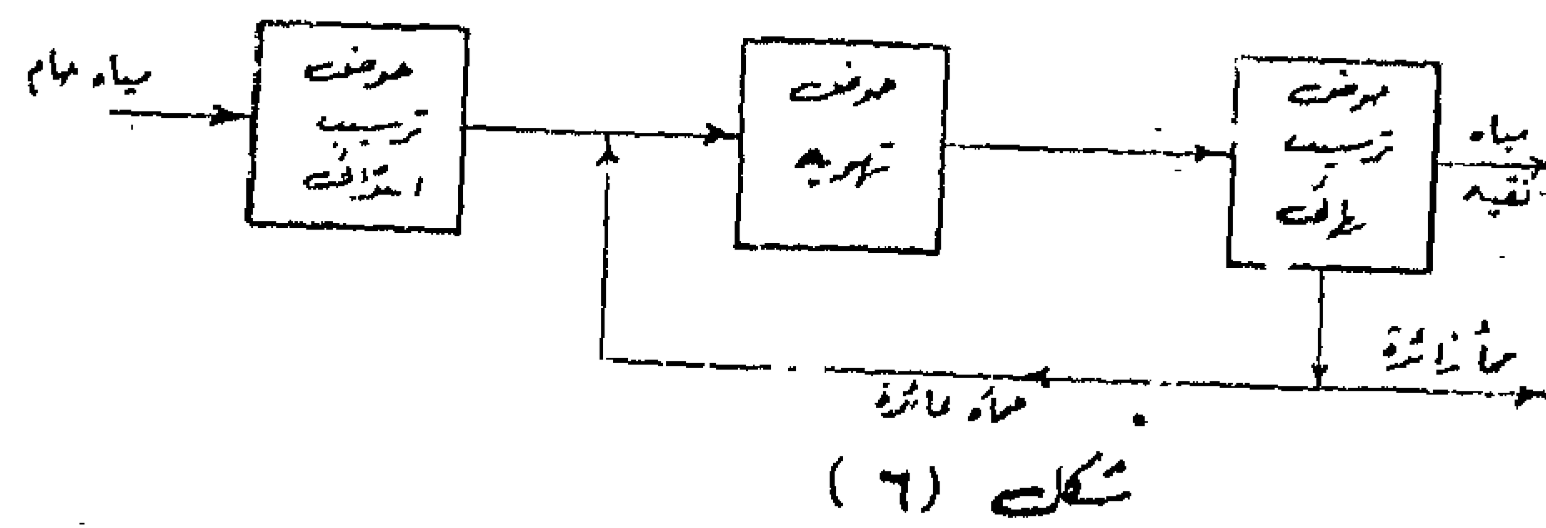




شكل (٤)



شكل (٥)



شكل (٦)

٣ — الترويب والتفاعلات الكيماوية :

(أ) الترويب :

الترويب هو إضافة مواد كيماوية إلى المياه بغرض تكوين رواسب تتحول إلى نواة لها سطح هلامى لزج تتجمع حولها المواد العالقة الدقيقة التى تحتاج إلى مدة طويلة لترسيبها وكذا المواد الغروية التى لا يمكن فصلها بالترسيب .

وقد تبين أن الترويب الكيمائى هو أرخص الطرق للتخلص من هذه المواد إذا قورن بالمرشحات أو أحواض تنشيط الحمأة .

وتبدأ العملية بتلاصق المواد العالقة بالأسطح اللزجة سالفة الذكر ، ثم لا تلبث أن تتكتل فى أحجام كبيرة وثقيلة يسهل ترسيبها آخذة معها ما قد يصادفها من مواد عالقة أخرى .

إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام

دكتور مهندس بطرس مينا بطرس

بحث شامل لنظريات التشكيل ومدى تطابقها مع النتائج العملية . دراسة المتغيرات وتأثيراتها على معدن المواسير . مواد التزييت الأكاديمية والتجارية وعلاقتها بالاحتكاك الحادث بين جدران المواسير واسطمبات السحب .

عمليات السحب :

بفرض م = μ قا α فى المعادلة (١١) نجد أن

$$\text{ض}_{\text{ط}} \cdot \text{ك} \, (1 + \text{م}) = \frac{\text{د}}{\text{د س}} \, (\text{ض}_{\text{س}} \cdot \text{ك} \cdot \text{س})$$

ومن علاقة الجهد بالإجهاد للسحب

$$\text{ض}_{\text{س}} - \text{ض}_{\text{ط}} = \text{ت}_{\text{س}} = \text{ت}_{\text{س صفر}} + \text{و} \cdot \text{ض}_{\text{س}}$$

مما سبق يمكن الوصول إلى أن

$$\frac{\text{د س}}{\text{س}} = \frac{\text{د} \, (\text{ض}_{\text{س}} \, \text{ك})}{\text{ك} \cdot \text{ض}_{\text{س}} \left[(1 - \text{و}) (1 + \text{م}) - 1 \right) - \text{ت}_{\text{س صفر}} (1 + \text{م})} \qquad (12)$$

$$\frac{\dfrac{\text{د ك}}{\text{ك}}}{\dfrac{\text{د س}}{\text{س}}} = \frac{\text{ض}_{\text{س}} + \text{ض}_{\text{ط}}}{\text{ض}_{\text{س}} - 2 \, \text{ض}_{\text{ط}}} = \frac{2 \, \text{ض}_{\text{س}} - \text{ت}_{\text{س}}}{2 \, \text{ت}_{\text{س}} - \text{ض}_{\text{س}}}$$

ولـكن $\text{ت}_{\text{س}} = \text{ت}_{\text{س صفر}} + \text{و} \cdot \text{ض}_{\text{س}}$.

$$\therefore \quad \frac{\text{ءك}}{\text{ك}} = \frac{\text{ءس}}{\text{ن}} \cdot \frac{\text{ض}_{\text{س}}\,(\text{٢} - \text{و}) - \text{ت}_{\text{س صفر}}}{-\,\text{ض}_{\text{س}}\,(\text{١} - \text{٢و}) + \text{٢}\,\text{ت}_{\text{س صفر}}} \qquad (\text{١٣})$$

من (١٢) ، (١٣) مع فرض أن $\frac{\text{ض}_{\text{س}}}{\text{ت}_{\text{س صفر}}} = \text{س}$

$$\therefore \quad \frac{\text{ءن}}{\text{ن}} = \frac{(\text{٢} - \text{س}(\text{١} - \text{٢و}))\cdot \text{ءس}}{-\text{٢}(\text{١}+\text{م}) + \text{س}(\text{٢}+\text{٣م}-\text{٤و}-\text{٤وم}) - \text{س}^{\text{٢}}(\text{٢}+\text{م}-\text{٢و}-\text{٣وم}+\text{٢و}^{\text{٢}}+\text{٢و}^{\text{٢}}\text{م})}$$

<u>بفرض وجود الاحتـكاك مع عدم حدوث زيادة للصلادة :</u>

$$\frac{\text{ءن}}{\text{ن}} = \frac{(\text{٢} - \text{س})\cdot \text{ءس}}{-\text{٢}(\text{١}+\text{م}) + \text{س}(\text{٢}+\text{٣م}) - \text{س}^{\text{٢}}(\text{٢}+\text{م})}$$

بفرض أن $\text{ا} = -\text{٢}(\text{١}+\text{م})$ ،

$\text{ب} = (\text{٢}+\text{٣م})$ ،

$\text{ح} = -(\text{٢}+\text{م})$

بالتعويض والتـكامل :

$$\therefore \quad -\text{لو}\frac{\text{ن}}{\text{ن}_{\text{صفر}}} = \frac{\text{١}}{\text{٢ح}}\left[\text{لو}\,(\text{ا}+\text{ب س}+\text{ح س}^{\text{٢}})\right]_{\text{س صفر}}^{\text{س}}$$

$$-\frac{\text{ب}+\text{٤ح}}{\text{٢ح}^{\text{٢}}}\left[\frac{\text{١}}{\sqrt{\frac{\text{ا}}{\text{ح}} - \frac{\text{ب}^{\text{٢}}}{\text{٤ح}^{\text{٢}}}}}\cdot \text{ظا}^{-\text{١}} \frac{\text{س} + \frac{\text{ب}}{\text{٢ح}}}{\sqrt{\frac{\text{ا}}{\text{ح}} - \frac{\text{ب}^{\text{٢}}}{\text{٤ح}^{\text{٢}}}}}\right]_{\text{س صفر}}^{\text{س}}$$

بفرض $-\text{٢}(\text{١}+\text{م}) + (\text{٢}+\text{٣م})\,\text{س} - (\text{٢}+\text{م})\,\text{س}^{\text{٢}} = \text{ص}$

وبالاختصار يمكن الوصول إلى

$$\text{لو}\,\frac{\text{ن}}{\text{ن}_{\text{صفر}}} = \frac{\text{١}}{(\text{٢}+\text{م})^{\text{٢}}} \cdot \text{لو}\,\frac{\text{ص}}{\text{ص}_{\text{صفر}}} - \frac{\text{٦}+\text{م}}{\text{٢}+\text{م}} \cdot \frac{\Phi}{\text{١٢}+\text{١٢م}-\text{م}^{\text{٢}}} \qquad (\text{١٤})$$

حيث :

$$\varphi = \text{ط}^{-1} \frac{\text{س} \sqrt{١٢ + ١٢\text{م} - \text{م}^٢}}{(٤\text{م} + ٤) - (٢ + ٣\text{م})\,\text{س}}$$

وبوضع و = صفر فى المعادلة (١٣) نجد أن :

$$\frac{\text{ى}\,\text{ك}}{\text{ك}} = \frac{\text{ى}\,\text{ن}}{\text{ن}} \cdot \frac{٢\,\text{س} - ١}{٢ - \text{س}}$$

وقيمة $\frac{\text{ى}\,\text{ن}}{\text{ن}}$ فى هذه الحالة يساوى

$$\frac{\text{ى}\,\text{ن}}{\text{ن}} = \frac{(٢ - \text{س}) \cdot \text{ى}\,\text{س}}{-٢(١ + \text{م}) + \text{س}(٢ + ٣\text{م}) - \text{س}^٢(٢ + \text{م})}$$

وبالتعويض ثم إجراء التكامل ينتج أن

$$\text{لو} \frac{\text{ك}}{\text{ك}_{\text{صفر}}} = -\frac{١}{٢ + \text{م}} \cdot \text{لو} \frac{\text{ص}}{\text{ص}_{\text{صفر}}} - \frac{٢(٦ + \text{م})}{٢ + \text{م}} \cdot \frac{\text{ب} + \text{ح}}{\text{ب} + ٤\text{ح}} \cdot \frac{١}{\sqrt{١٢ + ١٢\text{م} - \text{م}^٢}} \cdot \varphi$$

$$= -\frac{١}{٢ + \text{م}} \cdot \text{لو} \frac{\text{ص}}{\text{ص}_{\text{صفر}}} - \frac{٤\,\text{م}\,\varphi}{(٢ + \text{م})\sqrt{١٢ + ١٢\text{م} - \text{م}^٢}} \qquad (١٥)$$

ومن المعادلة

$$\frac{\text{ى}\,\text{ن}}{\text{ن}} + \frac{\text{ى}\,\text{ك}}{\text{ك}} + \frac{\text{ى}\,\text{ل}}{\text{ل}} = \text{صفر}$$

وبالتعويض والاختصار ثم التكامل يمكن الوصول إلى أن

$$\text{لو} \frac{\text{ل}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} = \frac{١}{٢(٢ + \text{م})} \cdot \text{لو} \frac{\text{ص}}{\text{ص}_{\text{صفر}}} + \frac{٦ + ٥\text{م}}{(٢ + \text{م})\sqrt{١٢ + ١٢\text{م} - \text{م}^٢}} \cdot \varphi \qquad (١٦)$$

بفرض زيادة الصلادة مع عدم وجود الاحتكاك :

$$٢\,\frac{\text{ى}\,\text{ن}}{\text{ن}} = \frac{(٢ - \text{س}[١ - ٢\text{و}]) \cdot \text{ى}\,\text{س}}{١ - \text{س}(١ - ٢\text{و}) + \text{س}^٢(١ - \text{و} + \text{و}^٢)}$$

وبالتحليل والتكامل يمكن الوصول إلى أن

$$\text{لو}\ \frac{ن}{ن_{صفر}} = \frac{ع\,(١ - ٢\,و)}{ع\,(١ - و + و^{٢})} - \frac{\sqrt{٣}}{٢\,(١ - و + و^{٢})} \cdot \psi \qquad (١٧)$$

حيث $ع = \text{لو}\,(١ - (١ - ٢\,و)\,س + (١ - و + و^{٢})\,س^{٢})$

$$\psi = \text{طا}^{-١}\ \frac{\sqrt{٣}\,س}{٢ - س\,(١ - ٢\,و)}$$

ولما كانت

$$\frac{د\,ك}{ك} = \frac{د\,ن}{ن} \cdot \frac{ض_{ن}\,(٢ - و) - ت_{صفر}}{- ض_{ن}\,(١ - ٢\,و) + ٢\,ت_{صفر}}$$

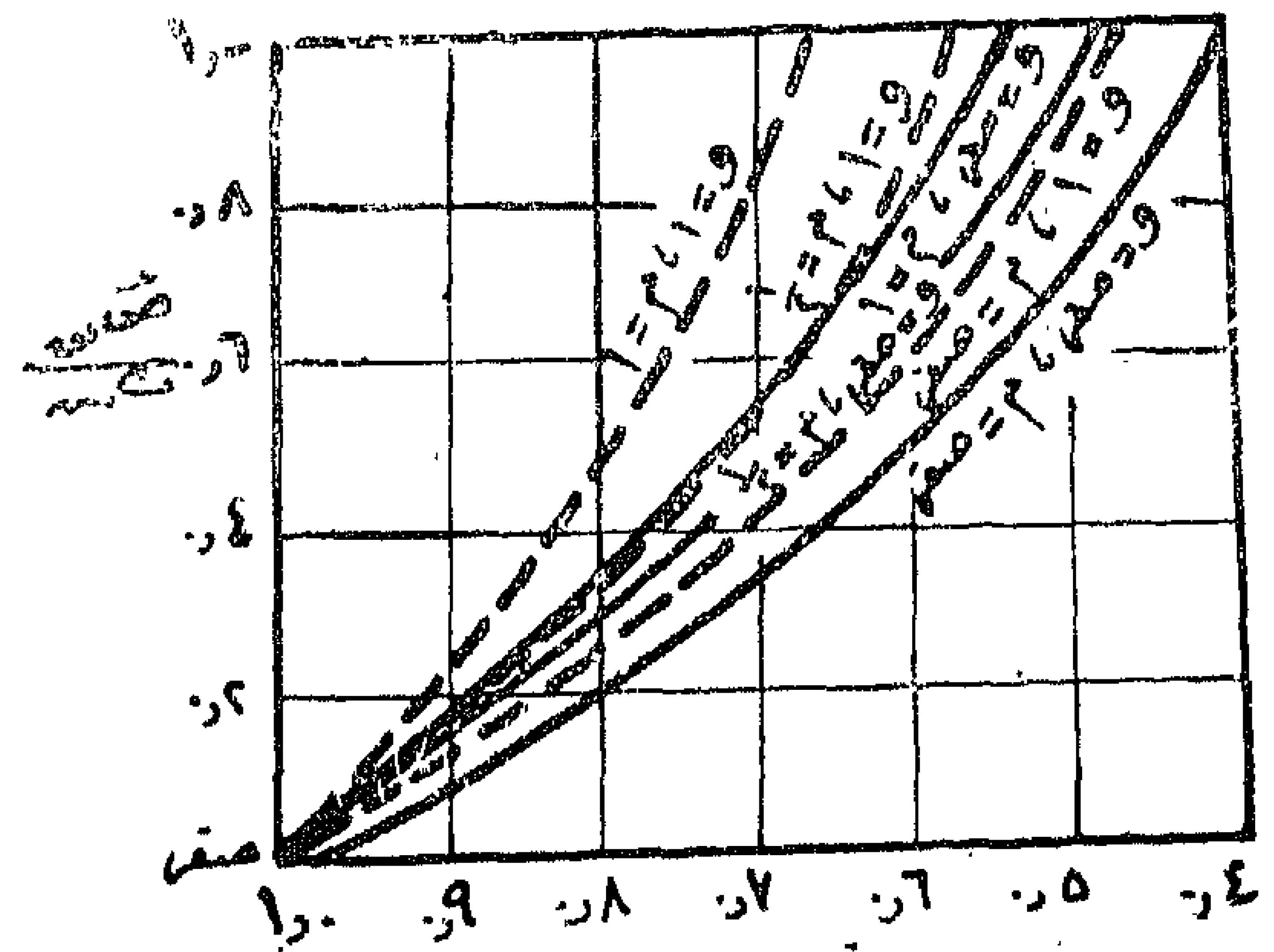
بالتعويض والتكامل يمكن الوصول إلى أن

$$\text{لو}\ \frac{ك}{ك_{صفر}} = - \frac{(٢ - و)\,ع}{٤\,(١ - و + و^{٢})} + \frac{\sqrt{٣}\,.\,و}{٢\,(١ - و + و^{٢})} \cdot \psi \qquad (١٨)$$

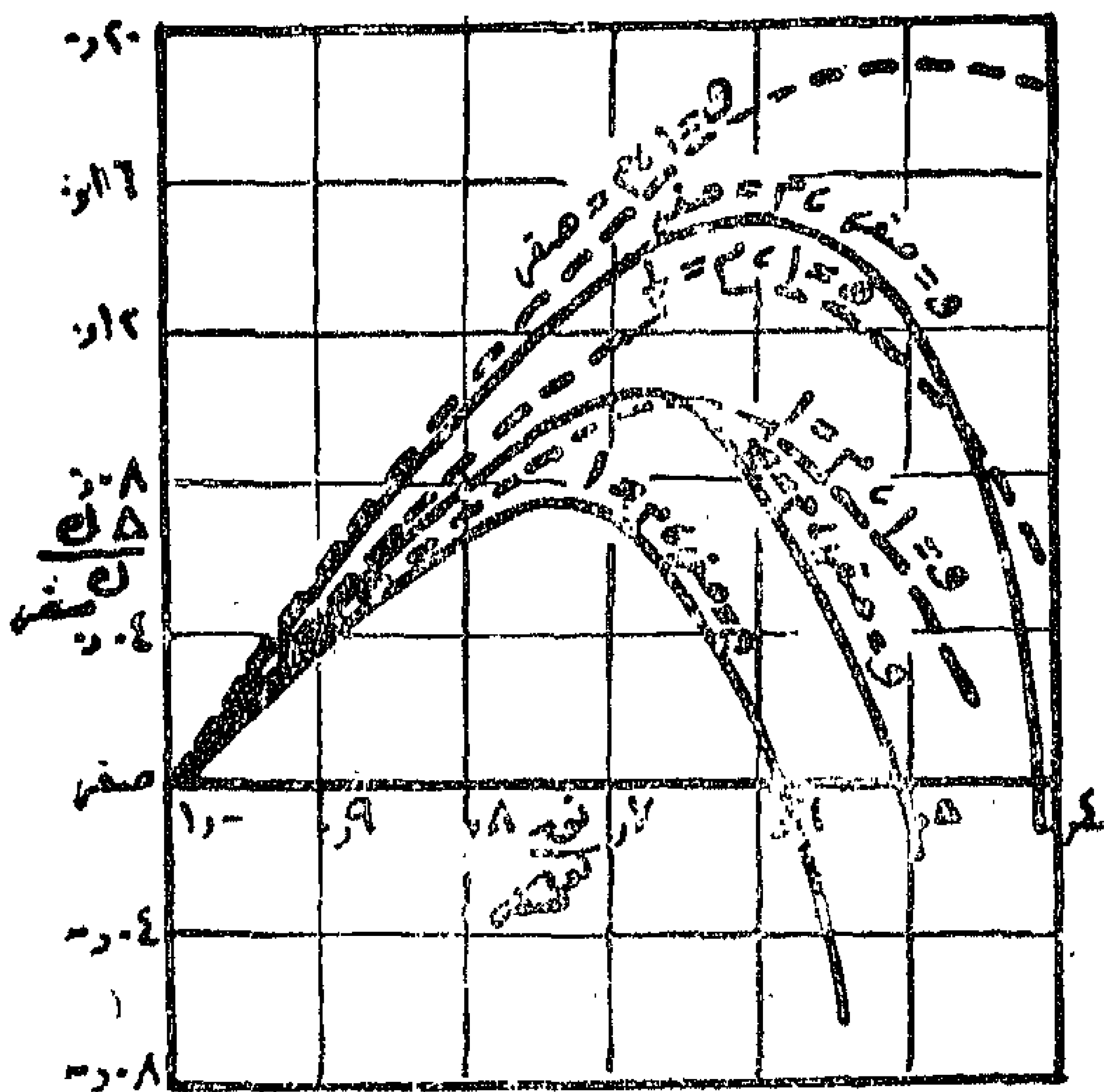
حيث :

$$ع = \text{لو}\,(١ - (١ - ٢\,و)\,س + (١ - و + و^{٢})\,س^{٢})$$

$$\psi = \text{طا}^{١}\ \frac{٣\,س}{(٢ - س\,(١ - س))}$$



شكل (٦)



شكل (٧)

ومن المعادلة $\frac{\text{ء س}}{\text{س}} + \frac{\text{ء ك}}{\text{ك}} + \frac{\text{ء ل}}{\text{ل}} = \text{صفر}$

وبالتعويض والتكامل يمكن الوصول إلى . أن

$$\text{لو}\ \frac{\text{ل}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} = \frac{(١ + \text{و})\cdot \text{ع}}{٤(١ - \text{و} + \text{و}^{٢})} + \frac{(١ - \text{و})\cdot\sqrt{٣}}{٢(١ - \text{و} + \text{و}^{٢})}\cdot \psi \quad \text{———} \ (١٩)$$

وتبين أشكال (٦) ، (٧) توزيع الجهود والإجهاد فى عمليات السحب تبعاً للمعادلات السابقة ولقيم مختلفة لكل من م ، و وهى التى تحدد الاحتكاك ودرجة الصلادة .

عمليات الضغط :

من المعادلة (١١) $\text{ض}_{\text{ط}} \cdot \text{ك} (١ + \text{م}) = \frac{\text{ء}}{\text{ء س}}(\text{ض}_{\text{س}} \cdot \text{ك} \cdot \text{س})$

وفى حالة الضغط تعطى نظرية الانسياب اللدن

$$\text{ض}_{\text{ط}} = - \text{ت}_{\text{ش}}$$

وأيضاً وكما سبق القول

$$\text{ت}_{\text{ش}} = \text{ت}_{\text{ش صفر}} + \text{و}\,(\text{ض}_{\text{س}} - \text{ض}_{\text{س صفر}})$$

حيث $\text{ض}_{\text{س صفر}}$ هى قيمة $\text{ض}_{\text{س}}$ عند مدخل الاسطمبة

مما سبق وبالتعويض يمكن الوصول إلى أن

$$\frac{\text{ء س}}{\text{س}} = \frac{-\,\text{ء}(\text{ض}_{\text{س}} \cdot \text{ك})\cdot \text{ن}}{\text{ض}_{\text{س}}\,(١ + \text{و}(١ + \text{م})) + (\text{ت}_{\text{ش صفر}} - \text{و}\,\text{ض}_{\text{س صفر}})(١ + \text{م})} \quad \text{———} \ (٢٠)$$

والآن $\dfrac{\frac{\text{ء ك}}{\text{ك}}}{\frac{\text{ء س}}{\text{س}}} = \dfrac{\text{ض}_{\text{س}} - \text{ت}_{\text{ش}}}{\text{ض}_{\text{س}} + ٢\,\text{ت}_{\text{ش}}}$

$$\therefore \frac{\text{ء ك}}{\text{ك}} = \frac{\text{ء س}}{\text{س}} \cdot \frac{\text{ض}_{\text{س}}(١ - \text{و}) - (\text{ت}_{\text{ش صفر}} - \text{و}\cdot\text{ض}_{\text{س صفر}})}{\text{ض}_{\text{س}}(١ + ٢\text{و}) + ٢(\text{ت}_{\text{ش صفر}} - \text{و}\cdot\text{ض}_{\text{س صفر}})} \quad \text{———} \ (٢١)$$

ومن المعادلة (٢٠) وبالاختصار يمكن الوصول إلى أن

$$- \frac{د ىو}{ىو} \frac{٢ + ص (١ + ٢ و)}{ع} . د ص$$

حيث : $ص = \frac{ض_{ىو}}{ت_{صفر} - و . ض_{ىو\ صفر}}$

$$ع = ٢ (١ + م) + ص (٢ + م + ٤ و + ٤ و م) + ص^{٢} (٢ + ٢ و + ٢ و^{٢} + و م + ٢ و^{٢} م)$$

والقيمة النافعة ل ص هى القيمة السالبة .

ويمكن حل المعادلة الأخيرة بنفس الطريقة التى أتبعت لحل معادلة السحب المماثلة . ولكن لما كانت قيمة $ض_{ىو\ صفر}$ غير مباشرة فإنه لا يمكن إيجاد قيمة $ض_{ىو}$ بدلالة ص حتى تحدد قيمة $ض_{ىو\ صفر}$ فيما عدا حالة و = صفر .

وعلى العموم يكون حل المعادلة على الصورة

$$لو \frac{ىو}{ىو_{١}} = د (ص)$$ والتى تعطى

$$لو \frac{ىو_{صفر}}{ىو_{١}} = د (ص_{صفر})$$ عند مدخل الإسطمبة

$$حيث\ ص_{صفر} = \frac{ض_{ىو\ صفر}}{ت_{صفر} - و . ض_{ىو\ صفر}}$$ أى أن

$$\frac{ض_{ىو\ صفر}}{ت_{صفر}} = \frac{ص_{صفر}}{١ + و . ض_{صفر}}$$ وعلى ذلك

بفرض قيم ل $ص_{صفر}$ يمكن ربط قيم $\frac{ض_{ىو\ صفر}}{ت_{ش\ صفر}}$ بقيم لو $\frac{ىو_{صفر}}{ىو_{١}}$

وبذلك يمكن الحصول على قيم الاجهادات عند مدخل الاسطمبة لأى تخفيض من $ىو_{صفر}$ إلى $ىو_{١}$

حالة وجود احتكاك مع عدم زيادة صلادة المعدن :

$$- \frac{د ىو}{ىو} = \frac{(٢ + ص) . د ص}{٢ ص^{٢} + ص (٢ + م) + ٢ (١ + م)}$$

حيث ص = $\frac{ض_{س}}{ت_{س صفر}}$

وبتتبع نفس طريقة خطوات التحليل لعمليات السحب يمكن الوصول إلى : —

لو $\frac{ع}{ع_{١}}$ = — $\frac{١}{٤}$ لو $\frac{ص}{ص_{١}}$ — $\frac{٦ - م}{٢\sqrt{١٢ + ١٢م - م^{٢}}} \cdot \varphi$ ———— (٢٢)

حيث φ = ظا$^{-١}$ $\frac{ص\sqrt{١٢ + ١٢م - م^{٢}}}{٤(١ + م) + ص(٢ + م)}$

، لو $\frac{ك}{ك_{١}}$ = — $\frac{١}{٤}$ لو $\frac{ص}{ص_{١}}$ + $\frac{م + ٦}{٢\sqrt{١٢ + ١٢م - م^{٢}}} \cdot \varphi$ ———— (٢٣)

، لو $\frac{ل}{ل_{١}}$ = $\frac{١}{٢}$ لو $\frac{ص}{ص_{١}}$ — $\frac{م}{\sqrt{١٢ + ١٢م - م^{٢}}} \cdot \varphi$ ———— (٢٤)

وفي هذه الحالة لو $\frac{ع}{ع_{صفر}}$ = لو $\frac{ع}{ع_{١}}$ + لو $\frac{ع_{١}}{ع_{صفر}}$ = — $\frac{١}{٤}$ لو ص — $\frac{(٦ - م)\,\Phi}{٢\sqrt{١٢ + ١٢م - م^{٢}}}$ +

$\frac{١}{٤}$ لو ٢ (١ + م) + لو $\frac{ع_{١}}{ع_{صفر}}$

ولما كانت $\frac{ع_{١}}{ع_{صفر}}$ معروفة فإن توزيع الإجهاد ص يمكن الحصول عليها بدليل ع بدون حساب س$_{صفر}$ أولا

حالة وجود زيادة صلادة مع عدم وجود الاحتكاك :

— $\frac{ء ع}{ع}$ = $\frac{٢ + ص(١ + ٢و)}{ص^{٢}(١ + و + و^{٢}) + ص(١ + ٢و) + ١} \cdot \frac{ء ص}{٢}$

حيث ص = $\frac{ض_{س}}{ت_{صفر} - و \cdot ض_{س صفر}}$ = $\frac{س}{١ - و \cdot س_{صفر}}$

وبتتبع نفس طرق التحليل السابقة يمكن الوصول إلى :

لو $\frac{ع}{ع_{١}}$ = — $\frac{١ + ٢و}{٤(١ + و + و^{٢})}$. لو ص — $\frac{\sqrt{٣}\;\Phi}{٢(١ + و + و^{٢})}$ ———— (٢٥)

حيث $\Phi = \text{طا}^{-1} \frac{\sqrt{٣}\ \text{ص}}{٢ + \text{ص}\ (١ + ٢\text{و})}$

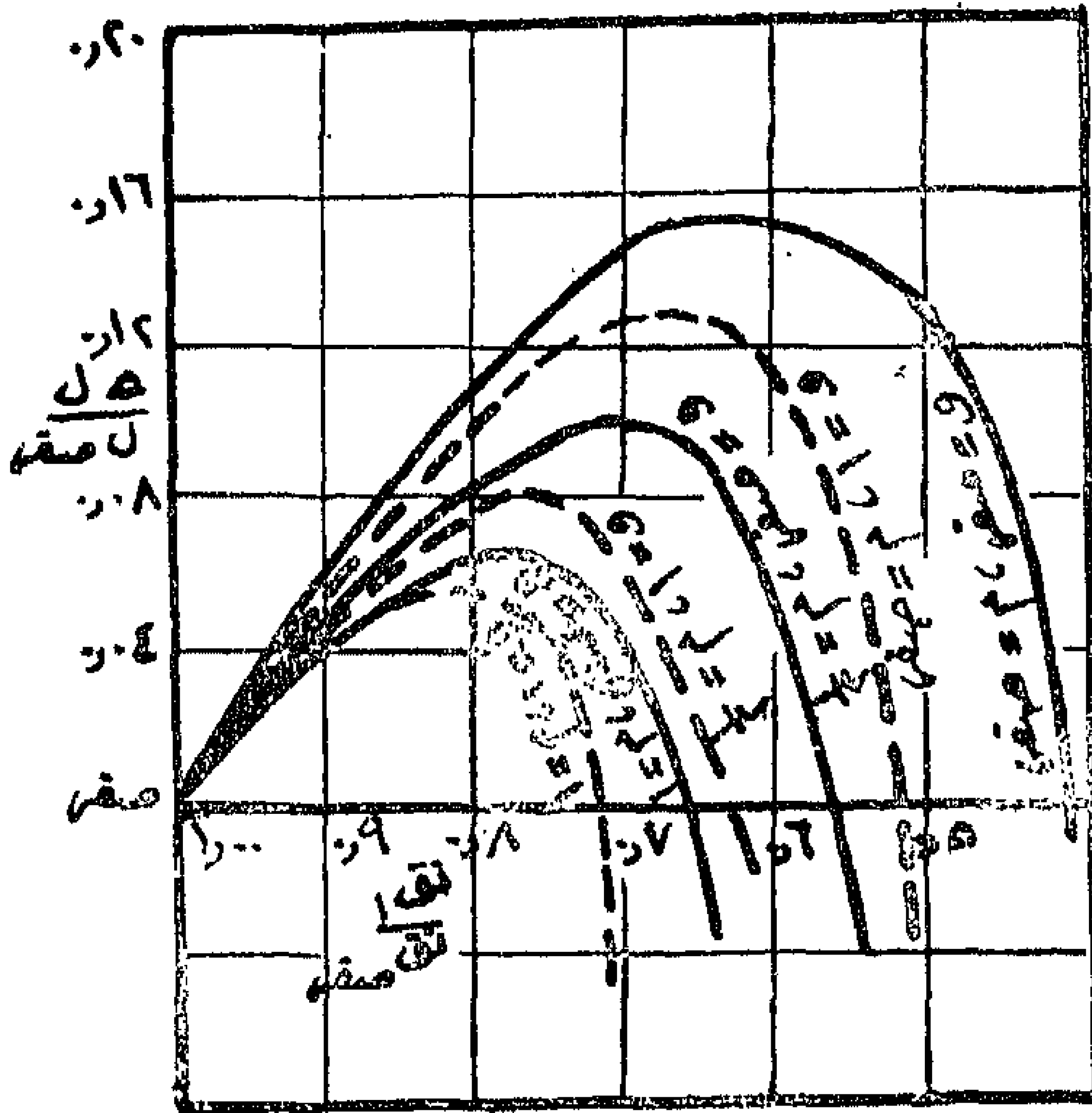
$$\text{ى لو}\ \frac{\text{ك}}{\text{ك}_١} = - \frac{١ - \text{و}}{٤\ (١ + \text{و} + \text{و}^٢)}\ .\ \text{لو ص}^- + \frac{\sqrt{٣}\ (١ + \text{و})\ \Phi}{٢\ (١ + \text{و} + \text{و}^٢)} \qquad (٢٦)$$

$$\text{ى لو}\ \frac{\text{ل}}{\text{ل}_١} = \frac{٢ + \text{و}}{٤\ (١ + \text{و} + \text{و}^٢)}\ .\ \text{لو ص}^- - \frac{\sqrt{٣}\ .\ \text{و}}{٢\ (١ \text{و} + \text{و} + \text{و}^٢)}\ .\ \Phi \qquad (٢٧)$$

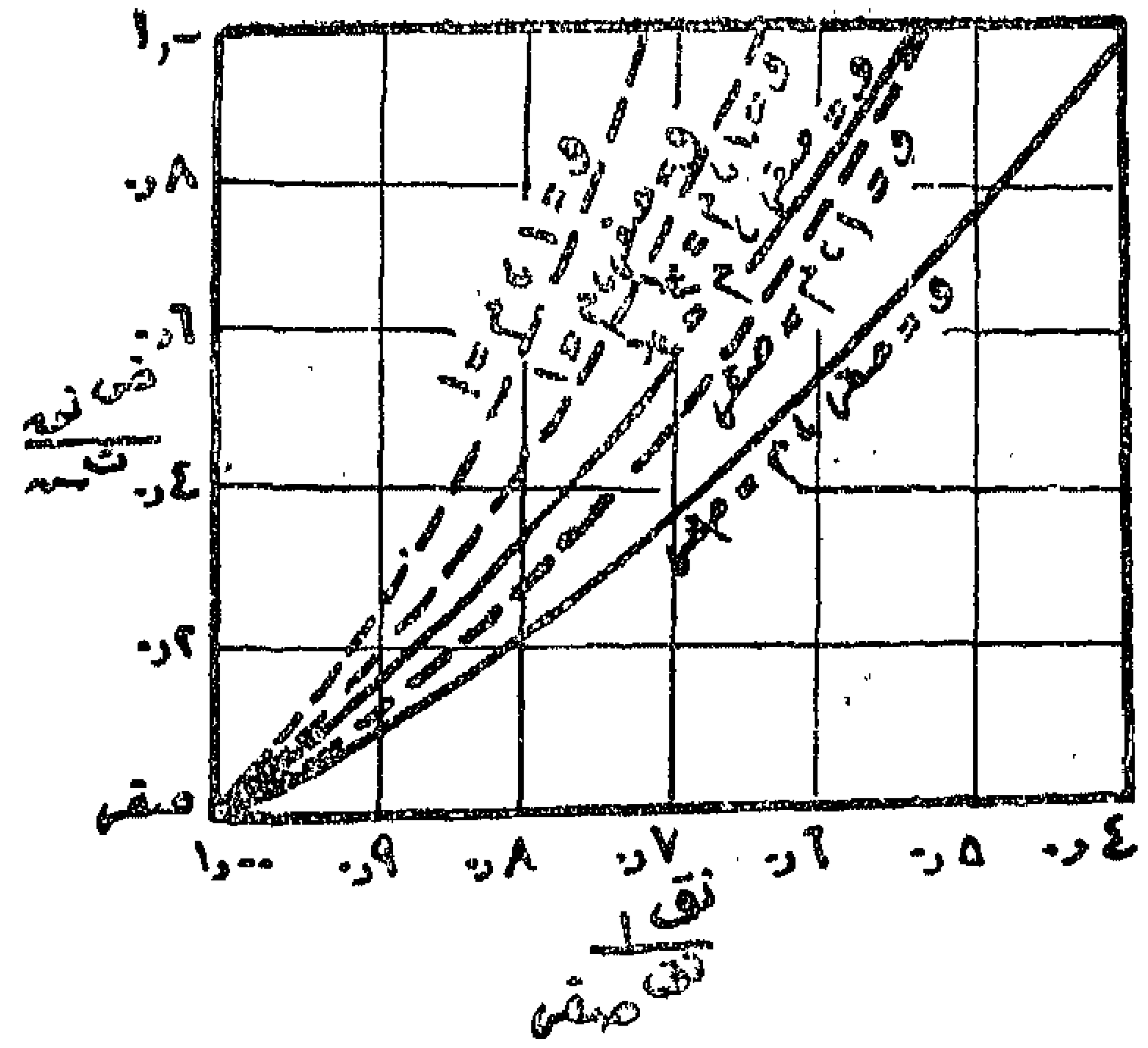
وفى هذه الحالة تكون قيمة الاجهاد عند مدخل الاسطمبة مساوياً :

$$\frac{\text{صه}_{\text{وصفر}}}{\text{تسه}_{\text{صفر}}} = \frac{\text{صه}_{\text{صفر}}}{١ + \text{و}\ .\ \text{ص}_{\text{صفر}}}$$

وتبين الأشكال التالية توزيع الجهود والإجهاد فى عمليات الضغط تبعاً للمعادلات السابقة ولقيم مختلفة لـكل من م ، و وهى التى تحدد الاحتكاك ودرجة الصلادة .



شكل (٩)



شكل (٨)

نظرية كى المواسير :

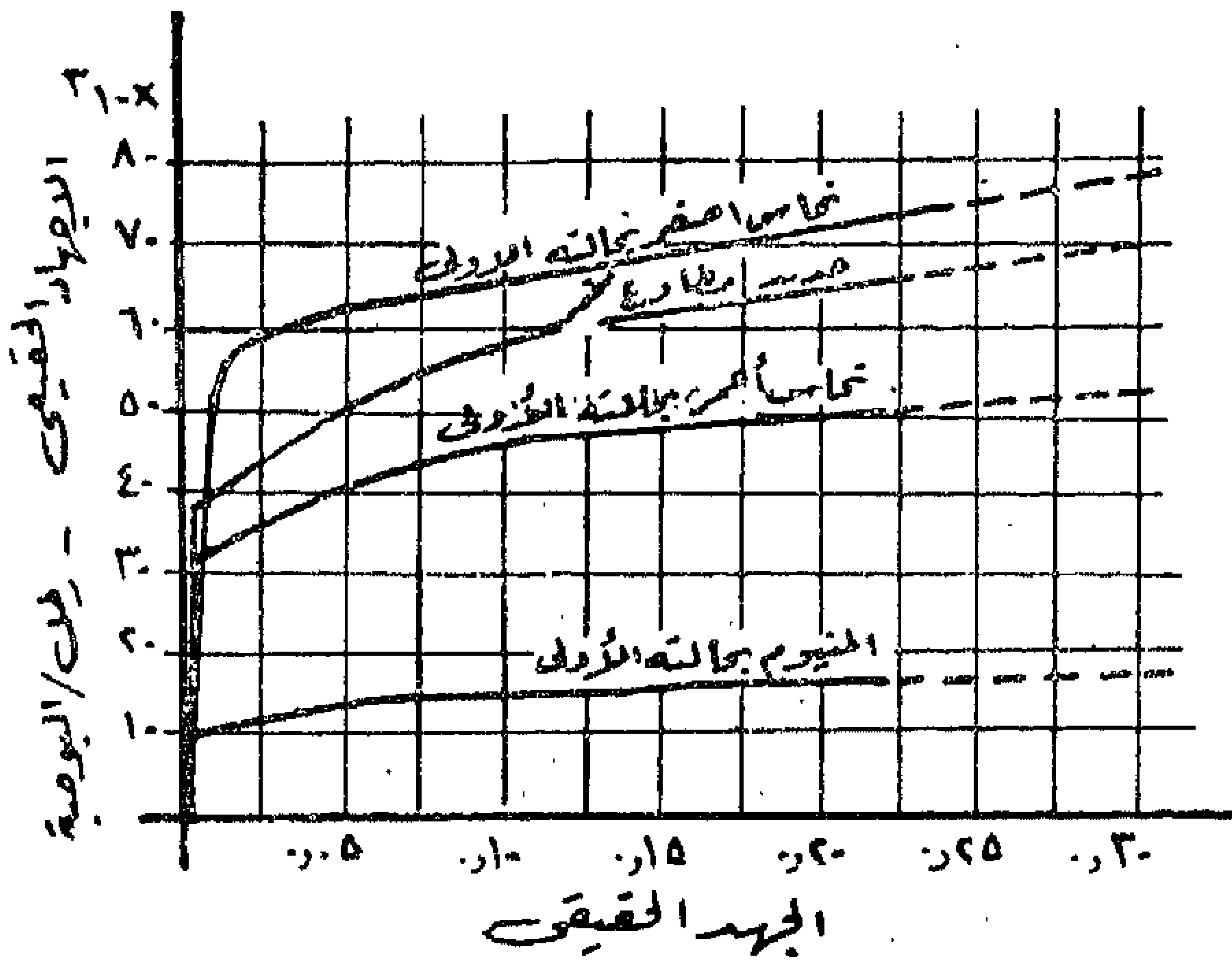
وتتم عملية كى المواسير أما باستخدام دليل ثابت ، وعليه تتجه كلتا قوى الاحتكاك على سطحى الماسورة إلى عكس اتجاه حركة الماسورة نفسها . أو تتم عملية الـكى بدليل متحرك بسحب نهاية الدليل مـــع طرف الماسورة خلال فتحة الاسطمبة أو بارتـكاز نهاية الدليل على قاعدة الماسورة المغلق ثم دفعها خلال الإسطمبة . تنشأ حركة نسبية بين الدليل وجدران الماسورة يكون منشؤها الإستطالة الحادثة فى الجـــدران فتزيد سرعتها فى أثناء حركتها بين مدخل الاسطمبة

ومخرجها ، بينما لا يحدث مثل هذا التغير فى جسم الدليل المستعمل بل يكون طفيفاً وفى حدود مرونة معدنه . وبذلك يتحرك الدليل إلى الأمام بالنسبة لجدران الماسورة ، ويكون إتجاه قوى الإحتكاك على السطحين مخالفاً الواحد الآخر أما فى حالة استخدام دليل متحرك حر ، وهى حالة غير عملية فإن قوى الاحتكاك تتعادل بحيث يتحرك الدليل داخل الأسطمبة بسرعة متوسطة بين سرعتى جدران الماسورة عند مدخل الأسطمبة ومخرجها وبدون عجلة . ويكون إتجاه قوى الاحتكاك إلى الأمام عند مدخل الأسطمبة وإلى الخلف عند مخرجها .

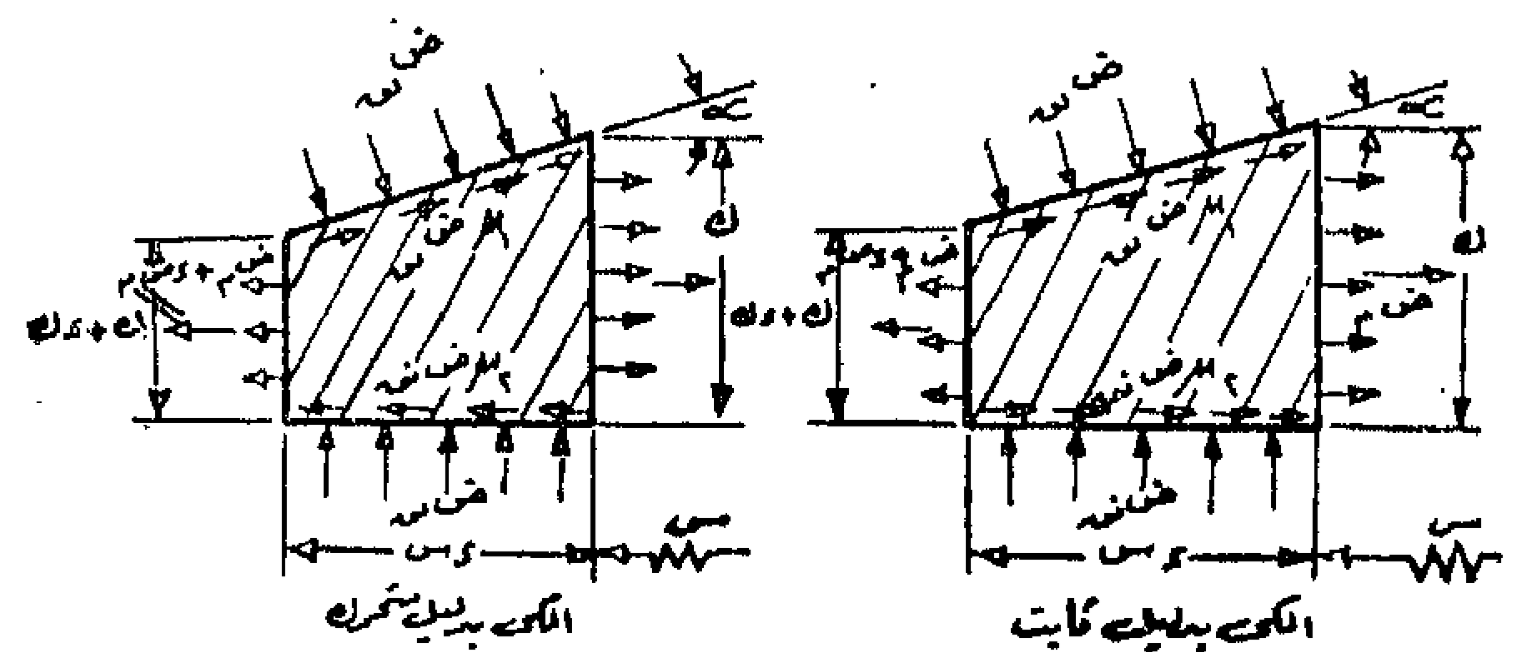
وضع ساخس sacks [٧] نظرية لسكى المواسير ترتكز على أسس الجهد المستوى ، بمعنى إهمال الجهد الحادث فى الإتجاه الثالث (الإتجاه المحيطى) . وعليه ينساب المعدن فى إتجاه محور الماسورة ويمكن اعتبار أى شريحة طولية من الماسورة كسطح معدنى يتم كيه بين آلة سفلى (دليل) وآلة عليا (أسطمبة) .

ولقد أهمل ساخس فى نظريته هذه عامل التقسية التى تحدث بجدران الماسورة عند سحبها على البارد ، وتوصل إلى معادلات الإتزان بتحليل القوى المؤثرة على قطاع من الجدران عمودى على محور الماسورة ، شكل (١٠)

وباستخدام نظرية تريسكا الخاصة بطبيعة المعادن فى لحظة انتقالها من حالة المرونة إلى حالة اللدونة ، وبفرض تساوى توزيع الإجهاد المحورى خلال سمك الحائط أمكن لساخس الوصول إلى المعادلة التالية :



شكل (١١) خط بيانى الجهد - الاجهاد لمختلف المعادن



شكل (١٠) نظرية

$$\frac{ض_م}{ت_{ك صفر}} = \frac{طال + \mu_1 + \mu_2}{\mu_1 + \mu_2}\left(1 - \left(\frac{ك_ح}{ك_{صفر}}\right)^{ط}\right)$$

حيث $ط = \frac{\mu_1 + \mu_2}{طا\,\alpha}$ عند الكى بدليل ثابت

أو $= \frac{\mu_1 + \mu_2}{طا\,\alpha}$ عند الكى بدليل متحرك

α = زاوية ميل سطح الأسطمبة .

μ_1 = معامل الاحتكاك بين الاسطمبة وسطح الماسورة الخارجى .

μ_2 = معامل الاحتكاك بين سطح الدليل وسطح الماسورة الداخلى .

$ض_م$ = الإجهاد فى الاتجاه المحورى .

$ت_{ك صفر}$ = معدل قوة انسياب المعدن عند مدخل الاسطمبة .

$ك_خ$ = سمك الجدار عند مخرج الاسطمبة .

$ك_{صفر}$ = سمك الجدار الأساسى .

تناول سويفت swift (٨) هذا الموضوع بالتحليل مرتكزاً على مبادىء الجهد المستوى مرة أخرى ، ولكنه وضع عامل القسية موضع الاعتبار ، ولقد استخدم نفس نظرية تريسكا السابقة مع فرض العلاقة التالية :

$$ض_م + ض_س = ت_{ك صفر} + هـ . ض_م$$

حيث هـ = عامل القسية

، ض‌س = إجهاد الضغط فى اتجاه نصف القطر

ولقد أمكن الوصول إلى معادلة الانسياب الآتية :

$$\frac{ض_م}{ت_{ك صفر}} = ب \left(\left(\frac{ك_خ}{ك_{صفر}} \right)^{أ} - ١ \right)$$

$$حيث\ أ = - (هـ - (١ - هـ) ط)$$

$$ب = \frac{١ + ط}{هـ - ط(١ - هـ)}$$

$$ط = \frac{\mu_1 + \mu_2}{ظا\ \alpha}$$ عند الكى بدليل ثابت

$$أو = \frac{\mu_1 - \mu_2}{ظا\ \alpha}$$ عند الكى بدليل متحرك

ثم حاول سويفت وآخرون (٨) ، (٩) رفع قيمة نسبة الإجهاد السابقة بإدخال بعض التعديلات مع استخدام نفس قواعد الجهد المستوى ولكن النتائج كانت قريبة جداً من السابق الحصول عليها .

وهنا يجب الإشارة إلى أن سويفت لم يأخذ ضمن الاعتبار تأثير القص السابق ذكره على إجهاد الانسياب عند بدء فترة انسياب المعدن المتناسق .

نظرية مقترحة للمؤلف (بطرس) ترتكز على قواعد التناسق المحورى (Axi-Symmetrical Principles)

تمنع طبيعة المواسير وإبعادها من معادلاتها على أساس الجهد المستوى . ومن الأنسب تحليل عملية كى المواسير على أسس التناسق المحورى . ولقد سبق لسويفت القيام بمثل هذا التحليل للوصول إلى نظرية سحب المواسير فارغة ، والتى سبق ذكرها . ولقد ثبت صلاحية هذه النظرية بعد مقارنتها بنتائج التجارب العملية التى قام بها المؤلف الحالى(٦) .

ومن غير الضرورى اعتبار الإجهاد الجانبى (فى اتجاه نصف القطر) بين سطح الماسورة والاسطمبة (ضس) مساوياً للاجهاد الداخلى (ضس ى) بين سطح الماسورة والدليل . وبمعنى آخر نفرض أن :

$$\frac{ضس\,ى}{ضس} = م \neq ١$$ وخاصة مع المواسير سميكة الجدار .

وفى الحقيقة أن احتمال التساوى بين ضس ى ، ضس لا يجوز إلا فى حالات المواسير الرقيقة جداً ، والتى تقرب فيها نسبة نصف القطر إلى سمك الجدار من اللانهاية .

ولقد قسمت عملية كى المواسير فى النظرية الحالية إلى ثلاث مراحل متتابعة وهى :

قص المعدن عند الدخول .

ثم انسياب متناسق للمعدن .

ثم قص المعدن عند الخروج وفى عكس اتجاه القص الأول .

ومن الطبيعى استخدام رموز مختلفة لإجهادات الانسياب فى هذه المناطق الثلاث هى $ت_{ف١}$ ، $ت_{ف٢}$ ، $ت_{ف٣}$.

كذلك من الضرورى الحصول على علاقة مناسبة تربط إجهاد الانسياب بالجهد الحادث ، ثم استخدامها فى النظرية المطلوبة للحصول على صورة أخيرة لها .

ولقد أثبتت التجارب السابق عملها على أن العلاقة المطلوبة ، والتى يحصل عليها من اختبارات الضغط ، وذلك فى حدود الجهد الذى يتوقع حصوله عملياً فى تجارب كى المواسير ، مماثلة لما يحصل عليه من اختبارات الشد . كما أنه كان من الأنسب عملياً إجراء اختبارات شد على شرائح معدنية مأخوذة من جدران المواسير .

وكان الرأى أولا أنه يمكن الاعتماد على نتائج اختبارات السحب حتى منطقة الاختناق بالعينة تحت الاختبار ، ولكن

أثبتت بعد ذلك كل من فورد "Ford" [١٠] وتشونج (Chung) [١١] بانه يمكن الاعتماد على نتائج هذه الاختبارات حتى حدوث الكسر .

ويبين شكل (١١) نتائج الاختبارات التي قام بها المؤلف على كل من النحاس الأصفر والصلب والنحاس الأحمر والألمنيوم .

وبعد مناقشة عدة اعتبارات ودراسات سابقة ، أمكن الوصول إلى أنه يصح مد الخطوط البيانية برسم مماس لها بعد نقطة حدوث الكسر . ويظهر هذا الجزء بالشكل السابق على هيئة خطوط متقطعة .

ويمكن فرض معادلة هذه الخطوط البيانية على الصورة .

$$ت_ك = ت_{ك\,صفر} + م \cdot ح$$

$$\text{أو} \quad \frac{ت_ك}{ت_{ك\,صفر}} = ١ + ن\ ح$$

وتحتاج هذه الصورة إلى تقريب كبير بالجزء الأول ، والذى يكون فيه معدل الجهد بسيط . ويمكن التغلب على هذه الصعوبة بتحليل تأثير القص مستقلا ، مع فرض إجهاد الإنسياب الأول بحيث يهمل تأثير عامل التقسية الحادث أثناء دخول المعدن الإسطمبة .

وبتحليل المرحلة الأولى لعملية السكى ، أى مرحلة قص المعدن عند دخوله الإسطمبة نجد أن معدل القص المذكور يتغير خلال مقطع جدار الماسورة ، فيتدرج من أعلى قيمة له عند السطح الخارجى Φ = طا α ، إلى أقل قيمة له عند السطح الداخلى Φ = صفر . ولما كان سمك الجدار صغير بالنسبة لقطر الماسورة ، وبالتالى فإن حجم المعدن لوحدة الطول ووحدة السمك لا يتغير تغيراً ملحوظاً عند هذين الوصفين ، لذلك فإنه يمكن إعتبار أن متوسط معدل القص خلال سمك الجدار هو Φ $\frac{١}{٢}$ طا α ، والتى تعادل معدل جهد مباشر يساوى $\frac{١}{٤}$ طال تقريباً .

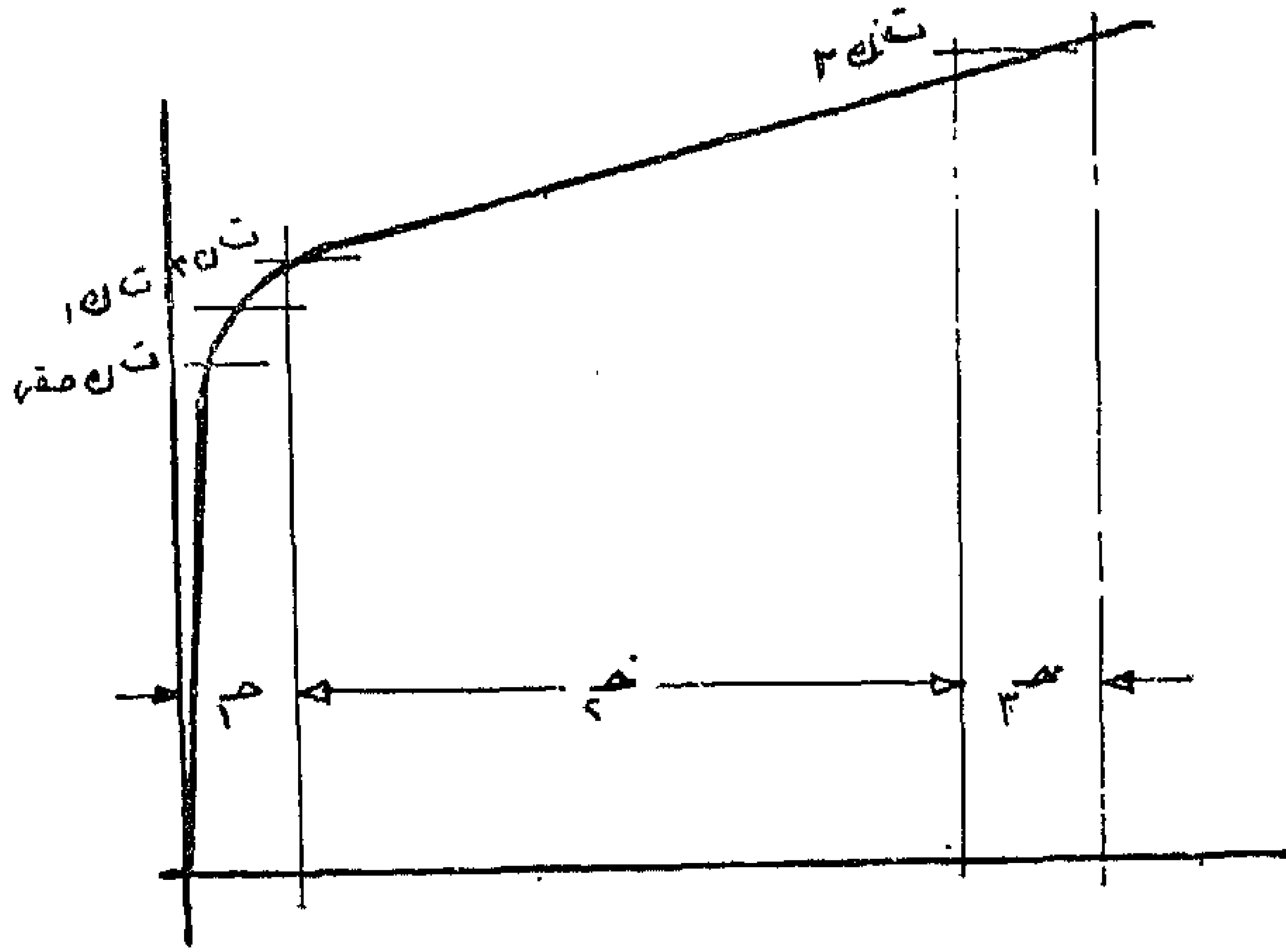
ويمكن تبسيط نظرية القص الحادث عند دخول الماسورة الإسطمبة ، بفرض أن هذا القص يحدث عند معدل انسياب متناسق ويساوى $ت_{ك١}$ ، ويكون قيمته متوسط قيمة قوة الإنسياب بالمنطقة صفر $<$ ح $<$ $\frac{١}{٤}$ طا α .

يلى ذلك مرحلة إنسياب المعدن إنسياباً متناسقاً خلال الإسطمبة . وهنا يجب الإشارة إلى أن المعدن نفسه الداخل إلى هذه المنطقة غير متناسق المقطع ولكن من الصعب التحليل النظرى باعتبار إجهادات الإنسياب غير متناسقة خلال سمك الجدار . لذلك فإن قيمة $ت_{ك٢}$ المستخدمة هى قيمة الإجهاد الفعلى عند الجهد .

$$\left(ح_١ = \overline{\Phi}\ \tfrac{١}{٢} = \tfrac{١}{٤} \text{ طال بالشكل ١٢} \right)$$

ومن هذه النقطة على خط بيانى الإجهاد — الجهد يمكن تقريب الجزء التالى من الخط إلى الصورة .

$$ت_ك = ت_{ك٢} + م \cdot ح_٢$$



شكل (١٢)

أما عن المنطقة الثالثة فإن المعدن ينساب تبعاً للمعادلة الآتية :

$$\text{ت ك}_{\text{م}} = \text{ت ك}_{٢} + \text{م}\left(\text{ح}_{٢} + \tfrac{١}{٢}\,\text{ح}_{٣}\right)$$

تحليل منطقة القص عند دخول المعدن الاسطمبة :

يمكن الحصول على إجهادات المحورية من المعادلة التى سبق أن أوضحها سويفت وهى :

$$\text{ض م}_{١} = \text{ت ك}_{١} \cdot \tfrac{١}{٢}\,\text{ط}\,\alpha \left(\tfrac{١}{٢} + \tfrac{١}{٣}\,\frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ن}_{١}} \right)$$

ومن شكل أجزاء جهاز السكى الهندسى نجد أن :

$$\frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ن}_{١}} = \frac{١}{\dfrac{\text{ن}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} - ١}$$

$$\therefore\ \text{ض م}_{١} = \text{ت ك}_{١} \cdot \text{ط}\,\alpha \left(\tfrac{١}{٤} + \frac{١}{٦\left(\dfrac{\text{ن}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} - ١\right)} \right)$$

تحليل منطقة إنسياب المعدن المتناسق

كى المواسير بواسطة دليل متحرك :

ينطبق هذا التحليل فقط على عملية السكى بالدليل المتحرك التى تتم بواسطة سحب نهاية الدليل مع طرف الماسورة ، أو بواسطة إرتكاز نهاية الدليل على قاعدة الماسورة المغلق ثم دفعها خلال الإسطمبة .

توزع القوى المؤثرة على حلقة رفيعة من مقطع الماسورة عند أى لحظة أثناء عملية السكى كما هو واضح بشكل (١٣) .

وبتحليل هذه القوى بالنسبة لنصف الحلقة فى الإتجاه الرأسى ولكامل الحلقة فى الاتجاه الأفقى ، وبالتعويض من إحدى المعادلتين فى المعادلة الثانية نجد أن المعادلة التفاضلية الأخيرة تكون :

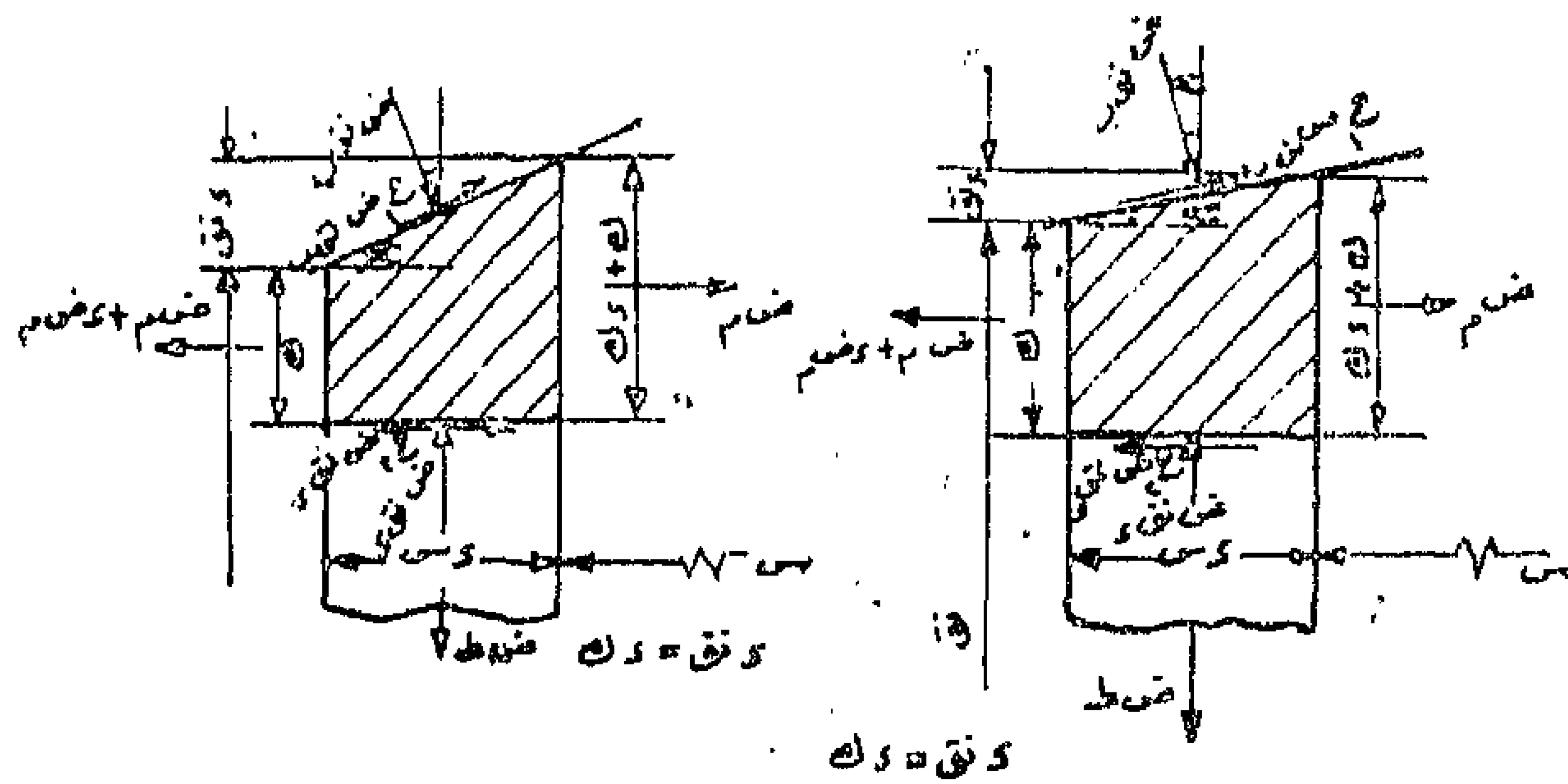
$$\text{٢.}\quad \frac{d\,\text{ى}}{\text{ى}+\text{ى}_1} = \frac{1}{\text{ف}}\cdot\frac{d\,\text{ض}_{\text{م}}}{\text{ف}\cdot\text{ض}_{\text{م}_2}+\Delta\cdot\text{ض}_{\text{ط}}}$$

$$\text{حيث}\quad \Delta = \frac{1}{\alpha^{\text{ط}}}\cdot\frac{\mu_1+\alpha^{\text{ط}}+\text{ز}\mu_1-\text{ف}\cdot\text{ز}\cdot\mu_2}{\alpha^{\text{ط}}\cdot\mu_1-\text{ز}\cdot\text{ف}-1+\text{ز}}$$

$$\text{،}\quad \text{ف} = \left(\frac{\text{ك}_{\text{صفر}}}{\text{ى}_{\text{صفر}}}-1\right)\frac{\text{ى}_{\text{صفر}}}{\text{ى}_{\text{خ}}}+1$$

كى المواسير بواسطة دليل ثابت :

تختلف هذه الحالة عن سابقتها فى أن قوتى الإحتكاك μ_1 . ضس ب ، μ_2 . ضس د لها نفس الإتجاه .



(ب) الكى بالدليل المتحرك (ح) الكى بالدليل الثابت

شكل (١٣) نظرية يلرت

وتكون المعادلة التفاضلية الأخيرة بنفس الصورة السابقة ، فيما عدا قيمة Δ التى تصبح .

$$\Delta = \frac{1}{\alpha^{\text{ط}}}\cdot\frac{\mu_1+\alpha^{\text{ط}}-\text{ز}\cdot\mu_2\cdot\text{ف}+\text{ز}\cdot\mu_2}{\alpha^{\text{ط}}\cdot\mu_1-\text{ز}\cdot\text{ف}-1+\text{ز}}$$

وتساعد هذه المعادلة على تحديد قيمة ضم بدلالة ى . ويلزم بجانب هذه المعادلة معادلات أخرى والتى يمكن الحصول على إحداها من طبيعة المعدن عند لحظة انتقاله من حالة المرونة إلى حالة اللدونة .

نظرية إنسياب المعدن :

تبعاً لنظرية تريسكا نجد أن أكبر فرق جبرى بين إجهادات القوى ، تساوى إجهاد إنسياب المعدن تحت تأثير السحب البسيطة .

تتكون معدلات القوى المؤثرة على الماسورة أثناء عملية الكى من ثلاث قوى رئيسية هى :

القوة المحورية $\text{ض}_{\text{م}_2}$

، القوة النصف قطرية $\text{ض}_{\text{س}}$

، القوة المحيطة $\text{ض}_{\text{ط}}$

والأولى من هذه القوى الثلاث موجبه وحتى يمكن إيجاد فكرة عن طبيعة القوى الثانية والثالثة ونسبتهما بعضهما

إلى بعض ، كان من اللازم تحليل حلقة من الماسورة تحت تأثير ضغط جانبى $\text{ض}_{\text{د}}$ من الداخل ، $\text{ض}_{\text{س}}$ من الخـارج ، بدون حدوث أى لين بالمعدن ، أى مع بقائه فى حالة المرونة .

وبعد إزالة القوى الخارجية المؤثرة ، تبـقى بعض القوى الـكامنة بجدران الماسورة ، والتى حللت عملياً وأمكن دراسة توزيعها خلال سمك هذه الجدران ، فى كل من إتجاه نصف القطر والإتجاه المحيطى .

وبإضافة التأثيرين السابقين أمكن استنتاج أن القوى المصف قطرية تقل جبرياً عن القوى المحيطية ، وبذلك يمكن القول بأن :

$$\text{ض}_{\text{م}_٢} > \text{ض}_{\text{ط}} > \text{ض}_{\text{س}} \quad (\text{متوسط القيم خلال سمك المعدن})$$

وعليه يمكن كتابة نظرية إنسياب المعدن بالصورة :

$$\text{ض}_{\text{م}_٢} + \text{ض}_{\text{س}} = \text{ت}_{\text{ك}}$$

يزداد الإجهاد المحورى فى عملية الـكى أثناء حركة الماسورة من مدخل الإسطمبة إلى مخرجها وبإهمال الإحتـكاك ومعامل التقسية نجد أن القوة المذكورة تتناسب ولو غاريتم الجهد الرئيسى .

$$\frac{\text{ع}}{\text{ع}_{\text{صفر}}} = \text{هـ}^{\frac{\text{ض}_{\text{م}}}{\text{ت}_{\text{ك}_٢}}}$$

ومن العلاقة بين الإجهاد والجهد .

$$\therefore \text{ت}_{\text{ك}} = \text{ت}_{\text{ك}_{\text{م}}} + \text{م}\,\text{ح} = \text{ت}_{\text{ك}_٢} + \text{م} \cdot \frac{١ - \left(\frac{\text{ع}}{\text{ع}_{\text{صفر}}}\right)^٢}{١ - \left(\frac{\text{ع}_١}{\text{ع}_{\text{صفر}}}\right)^٢}$$

حيث م هى متوسط ميل الجزء من خط بيانى الإجهاد — الجهد ، والتى تتم خلاله عملية الـكى المتناسق الإنسياب .

$$\therefore \text{ت}_{\text{ك}} = \text{ت}_{\text{ك}_٢} + \frac{\text{م}}{١ - \left(\frac{\text{ع}_١}{\text{ع}_{\text{صفر}}}\right)^٢}\left(١ - ٠٫١٣٥\,\frac{\text{ض}_{\text{م}_٢}}{\text{ت}_{\text{ك}_٢}}\right) .$$

ويمكن تقريب المعادلة السابقة فى الحدود العملية للمقدار $\frac{\text{ض}_{\text{م}_٢}}{\text{ت}_{\text{ك}_٢}}$ وهى صفر إلى ١ .

$$\therefore \text{ت}_{\text{ك}} = \text{ت}_{\text{ك}_٢} + \frac{\text{م}}{١ - \left(\frac{\text{ع}_١}{\text{ع}_{\text{صفر}}}\right)^٢}\;\frac{\text{ض}_{\text{م}_١}}{\text{ت}_{\text{ك}}}$$

وبالتعويض فى معادلة ترسكا

$$\therefore\ \text{ض}_{\text{س}} = \text{ت}_{\text{ك}٢} + \left[\frac{\frac{\text{ص}}{\text{ت}_{\text{ك}٢}}}{\frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ى}_{\text{صفر}}}\left(٢ - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ى}_{\text{صفر}}}\right)} - ١ \right] . \text{ض}_{\text{م}٢}$$

أما المعادلة الثالثة الضرورية لإتمام التحليل فيمكن الحصول عليها من العلاقة بين الإجهاد والجهد بالمنطقة التى يلين فيها المعدن .

وأبسط علاقة حصل عليها ليفى — لود Levy-Lode ، والتى تتشابه فيها دوائر مور Mohr's Circle Diagrams لكل من الإجهاد والجهد .

$$\frac{\frac{\triangle \text{ل}}{\text{ل}_{\text{صفر}}}}{\frac{\triangle \text{ى}}{\text{ى}_{\text{صفر}}}} = \frac{\text{ى}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} = \frac{٢\,\text{ض}_{\text{س}} - \text{ض}_{\text{م}٢}\ \text{ض}_{\text{ط}}}{٢\,\text{ض}_{\text{ط}} - \text{ض}_{\text{م}٢} - \text{ض}_{\text{س}}}$$

ومن المعادلات السابقة نجد أن :

$$\text{ض}_{\text{ط}} = \frac{١}{٢}\left(\text{ن} + \frac{١}{٢}\text{ن} . \frac{\text{ى}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} - ٣ \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ى}_{\text{صفر}}} \right) \text{ض}_{\text{م}} + \frac{٢ + \frac{\text{ى}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}}}{\frac{٢\,\text{ى}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} + ١} . \text{ت}_{\text{ك}٢}$$

وبالتعويض فى معادلة الاتزان السابق الحصول عليها :

ثم بالتكامل يمكن الحصول على المعادلة الآتية :

$$\text{ض}_{\text{م}٢} = \text{ا} \left(\left(\frac{\frac{\text{ى}_{\text{خ}}}{\text{ى}_{\text{صفر}}} + ١ - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ى}_{\text{صفر}}}}{٢ - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ى}_{\text{صفر}}}} \right)^{٢\text{ب}} - ١ \right) . \text{ت}_{\text{ك}٢}$$

$$\text{حيث ب} = \text{د} . \frac{١}{٢}\left(\text{ن} + \frac{١}{٢}\text{ن} . \frac{\text{ى}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} - ٣ \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ى}_{\text{صفر}}} \right) + \frac{١}{\text{ف}}$$

$$\text{ا} = \frac{٢ + \frac{\text{ع}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}}}{\frac{٢\,\text{ع}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} + ١} \cdot \frac{\text{د}}{\text{ب}}$$

$$\text{ن} = \frac{\text{م}}{\text{ت}_{\text{ك}٢}}$$

تحليل القص عند خروج المعدن من الاسطوانة :

يرمز لمعدل قوة الانسياب أى الإجهاد ، فى هذه المنطقة بالرمز $\text{ت}_{\text{ك}٣}$ ، وللاجهاد المحورى بالرمز $\text{ض}_{\text{م}٣}$

وكما سبق ذكره فى نظرية سويفت نجد أن

$$\text{ض}_{\text{م}٣} = \tfrac{١}{٢}\ \text{ظا}\ \alpha\ \text{ت}_{\text{ك}} \left(\tfrac{١}{٢} + \tfrac{١}{٣}\ \frac{\text{ل}_{\text{خ}}}{\text{ع}_{١}} \right) ،$$

حيث $\text{ت}_{\text{ك}} = \text{ت}_{\text{ك}٢} + \text{م} \left(\text{ح}_{٢} + \tfrac{١}{٢}\ \text{ح}_{٣} \right)$ ، $\text{ح}_{٣} = \tfrac{١}{٤}\ \text{ظا}\ \alpha = \text{ح}_{١}$

$\therefore\ \text{ت}_{\text{ك}} = \text{ت}_{\text{ك}٢} + \text{م} \left(\tfrac{١}{٨}\ \text{ظا}\ \alpha + \text{ح}_{٢} \right)$

ومن العلاقة الهندسية للأجزاء نجد أن

$$\frac{\text{ل}_{\text{خ}}}{\text{ع}_{١}} = \frac{\frac{\text{ع}_{\text{خ}}}{\text{ع}_{\text{صفر}}}}{١ - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ع}_{\text{صفر}}}} - ١$$

$$\therefore\ \text{ض}_{\text{م}٣} = \tfrac{١}{٢}\ \text{ظا}\ \alpha \left(\text{ت}_{\text{ك}٢} + \text{م} \left(\frac{\text{ظا}\ \alpha}{٨} + \frac{١ - \left(\frac{\text{ع}_{\text{خ}}}{\text{ع}_{\text{صفر}}} \right)^{٢}}{\frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ع}_{\text{صفر}}} \left(٢ - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ع}_{\text{صفر}}} \right)} \right) \right)$$

$$\left(\tfrac{١}{٢} + \tfrac{١}{٣} \left(\frac{\frac{\text{ع}_{\text{خ}}}{\text{ع}_{\text{صفر}}}}{١ - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ع}_{\text{صفر}}}} - ١ \right) \right)$$

∴ يمكن الحصول على الإجهاد المحورى الإجمالى بإضافة ض م١ ، ض م٢ ، ض م٣

$$\therefore \text{ض}_{\text{م}} = \text{ض}_{\text{م}1} + \text{ض}_{\text{م}2} + \text{ض}_{\text{م}3}$$

$$= \text{ط}\,\alpha \cdot \text{تك}\left(\frac{9}{4} + \frac{1}{6\left(\frac{\text{ق}_{\text{صفر}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}} - 1\right)}\right) + \text{تك}_2 \cdot 1\left(\left(\frac{\frac{\text{ق}_{\text{خ}}}{\text{ق}_{\text{صفر}}} + 1 - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ق}_{\text{صفر}}}}{2 - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ق}_{\text{صفر}}}}\right)^{2\text{ب}} - 1\right)$$

$$+ \frac{1}{2}\,\text{ط}\,\alpha\left(\text{تك}_2 + \text{م}\right)\left(\frac{\text{ط}\,\alpha}{8} + \frac{1 - \left(\frac{\text{ق}_{\text{خ}}}{\text{ق}_{\text{صفر}}}\right)^2}{\frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ق}_{\text{صفر}}}\left(2 - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ق}_{\text{صفر}}}\right)}\right)\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\left(\frac{\frac{\text{ق}_{\text{خ}}}{\text{ق}_{\text{صفر}}}}{1 - \frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ق}_{\text{صفر}}}} - 1\right)\right)$$

تصميم اسطمبات تشكيل المواسير :

أجريت بعض التجارب السابقة فى عمليات سحب المواسير الحديدية وغير الحديدية وكيما بواسطة « لوونولز » وسويفت (١٢) ، (٨) ، وذلك لدراسة تأثير درجة سلبية أسطح الاسطمبة الجانبية على مقدار التحميل اللازم . وقد أثبتت هذه التجارب تناسب زاوية الاسطمبة ومقدار التخفيض فى مقطع الماسورة لإعطاء أقل تحميل ممكن . وأن قيمة هذه الزاوية تتراوح ما بين ١٠° للتخفيض البسيط ، ١٧° للتخفيض الكبير فى مساحة القطع . ويرجع تناسب زاوية الاسطمبة مع مقدار التخفيض إلى ازدياد القص الواقع على المعدن بزيادة زاوية ميل جدران الاسطمبة ، بينما تقل مساحة سطح التلاصق بين الاسطمبة وجدران الماسورة ، وتقل قوى الاحتكاك تبعاً لذلك .

ولقد عزز الرأى السابق نتائج التجارب التى أجراها كل من ليمنج ولو ، مستخدماً بعض الاسطمبات محدودة الزاوية (٥° ، ١٠° ، ١٥° ، ٢٠°) . ومنها وجد أن الزاوية ٥° تعطى أقل تحميل محورى للتخفيض حتى ٨٪ ، بينما تعطى كل من الزاويتين ١٠° ، ٢٠° أقل تخفيض حتى ٤٠٪ .

ومن الناحية النظرية يمكن تحليل تأثير زاوية ميل جدران الاسطمبة بإجراء تفاضل معادلة انسياب المعدن بالنسبة للزاوية نفسها ، ومساواة النتيجة بالصفر . وحتى يسهل إجراء مثل هذا التحليل نفرض حالة الجهد المستوى مع عدم زيادة الصلادة .

ومعادلة انسياب المعدن لسويفت هى :

$$\frac{\text{ص}_{\text{م}}}{\text{تك}_{\text{صفر}}} = \text{ب}\left[\left(\frac{\text{ل}_{\text{ح}}}{\text{ل}_{\text{صفر}}}\right)^{\text{أ}} - 1\right] + \frac{1}{2}\,\text{ط}\,\alpha\left[\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,\frac{\text{ل}_{\text{صفر}}}{\text{ق}_1}\right) + \frac{\text{تك}}{\text{تك}_{\text{صفر}}}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,\frac{\text{ل}_{\text{ح}}}{\text{ق}_1}\right)\right]$$

حيث : $-\text{ا} = -\left(\text{هـ} - (\text{١} - \text{هـ})\,\text{و}\right)$

$$\text{ب} = \frac{\text{ا} + \text{و}}{\text{هـ} - \text{و}\,(\text{١} - \text{هـ})}$$

وبإجراء التفاضل ومساواة الناتج بالصفر نجد أن :

$$\tfrac{١}{٢} + \frac{٢}{\text{ظا}^{٢}\alpha} \cdot \frac{٢\mu}{\text{ق}\ \text{ظا}\,\alpha} \cdot \text{لوق} + \frac{١}{٢\mu} + \frac{١}{\text{ظا}\,\alpha} \cdot \frac{٢\mu}{\text{ق}\ \text{ظا}\,\alpha} \cdot \text{لوق}$$

$$- \frac{١}{٢\mu} \cdot \frac{٢\mu}{\text{ق}\ \text{ظا}\,\alpha} = \text{صفر}$$

ومنها :

$$\frac{٢}{\text{ق}\ \text{ظا}^{٢}\alpha} = \frac{\text{ظا}^{٢}\alpha\ (\mu + ١)}{\text{ظا}^{٢}\alpha - ٢\mu \cdot \text{لوق} \cdot \text{ظا}\,\alpha - ٤\mu^{٢} \cdot \text{لو}^{٢}\text{ق}}$$

وبفرض μ = ١ر٠ كقيمة متوسطة لمعامل الاحتكاك ، وذلك باستخدام اسطمبات من الصلب ، يمكن تمثيل العلاقة السابقة بين زاوية ميل جدران الاسطمبة (α) لأقل حمل محورى ، والنسبة المئوية للتخفيض فى سمك جدران المواسير (ق) بالخطوط البيانية بالشكل (١٤) . ولقد أظهر التحليل النظرى وجوب استخدام اسطمبات تتراوح زاويتها ما بين ٧° ، ٢٠° .

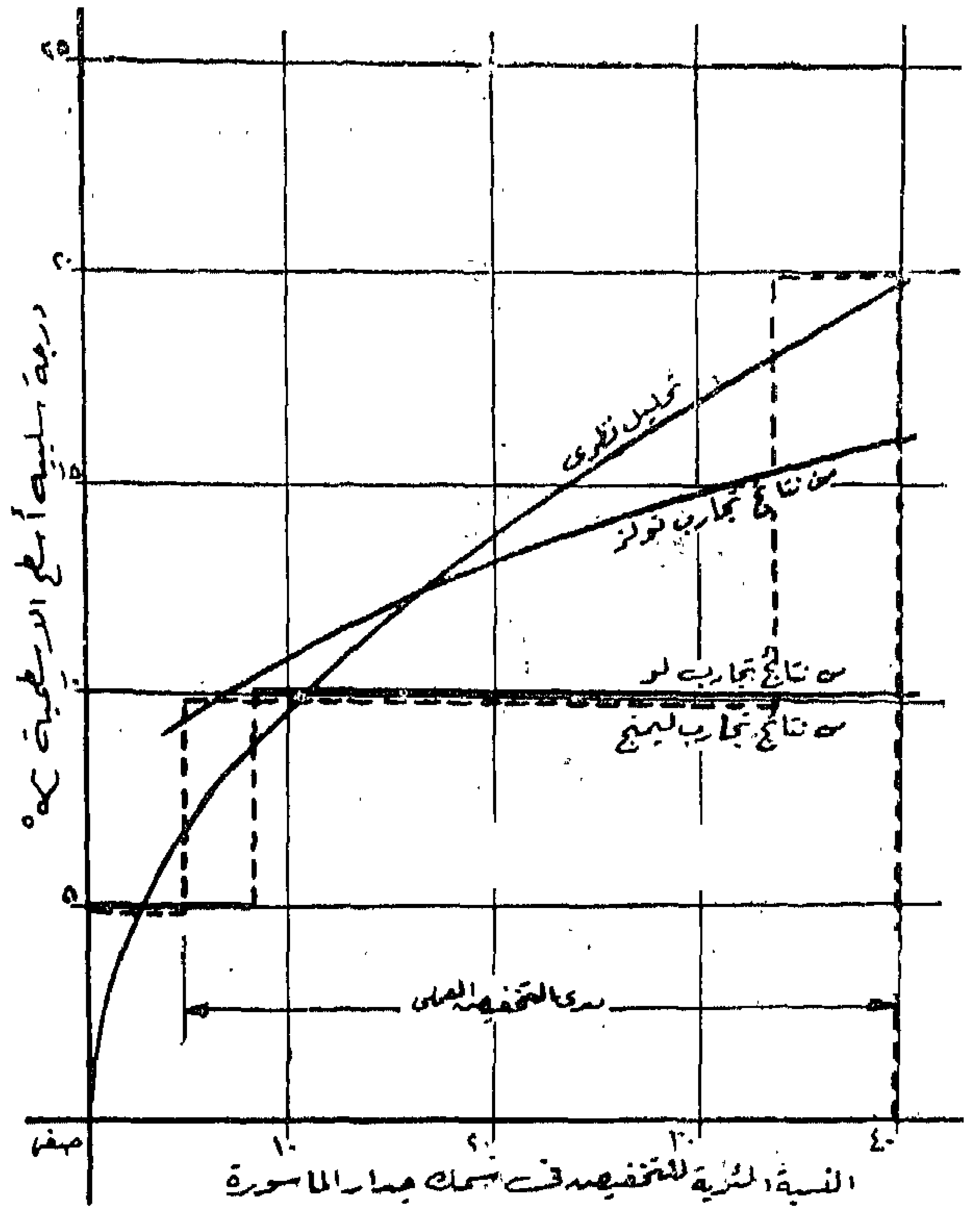
ويوضح شكل (١٤) تطابق نتائج ليمنج مع القيم النظرية عند كل من طرفى مدى التخفيض العملى فى سمك جدران الماسورة . كما يلاحظ بعض التطابق بين نتائج نولز والتحليل النظرى ، وعلى الأخص مع التخفيضات المتوسطة للسمك .

ومن المهم ملاحظة تأثير القص يزداد مع نسب التخفيض المرتفعة فى حالة المواسير السميكة الجدران ، ولذلك يهبط الحمل المحورى مع الاسطمبات ذات الزوايا المحددة . والعكس صحيح مع نسب التخفيض الصغيرة . وعلى ذلك يتضح أن مدى سلبية الاسطمبة الموضح بالشكل السابق (أى ٧° إلى ٢٠°) يمكن تحديده عن ذلك لنفس مدى التخفيض فى سمك الجدران وهو ٥ إلى ٤٠٪ .

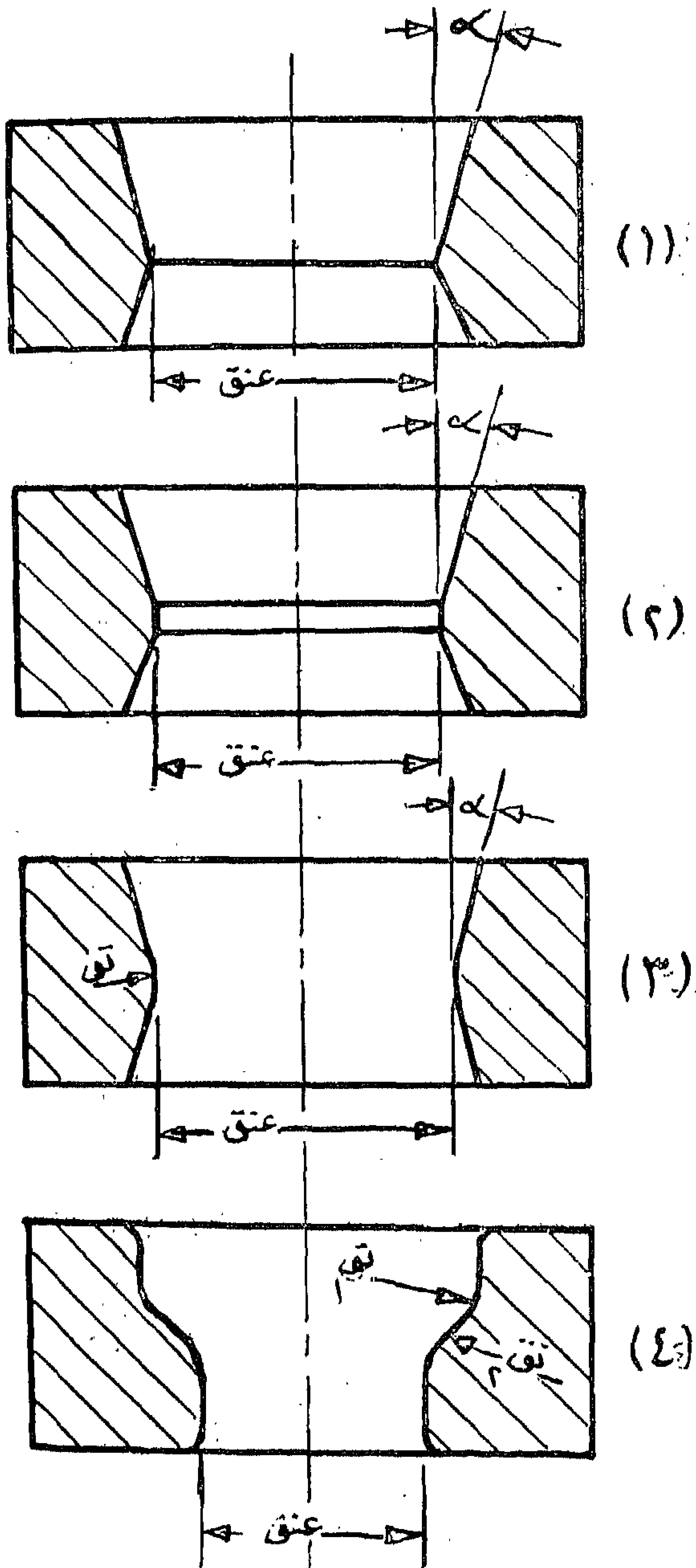
أما شكل مقطع الاسطمبة فكان يصمم عادة بطريقة مماثلة لواقع المستخدم منها عملياً بمصانع سحب المواسير والأسلاك ولكنها لم تدرس دراسة عملية أو نظرية كاملة بحيث يوضح منها تأثير كل شكل على دقة الناتج وأبعاده ، وعلى القدرة المستخدمة ودرجة تأثرها بمقدار التخفيض فى مساحة مقطع العينة .

وكانت الاسطمبات الصغيرة تعمل من الصلب الكربونى (٩ر٠ إلى ١ر١٪ كربون) بعد خرطها وإعدادها للتقسية

ثم الصقل بمسحوق الصنفرة . أما الحجم الكبير منها فيعمل من سبائك الصلب (١٫٣٪ كربون ، ٣٫٥٪ تنجستن) . وتنحصر مقاطع الاسطمبات فى الأنواع الموضحة بالشكل (١٥) . وجارى حالياً دراسة تأثير تصميم الاسطمبات وأشكال مقاطعها المختلفة على أبعاد المواسير بعد سحبها بدرجات التخفيض المختلفة وذلك بكلية الهندسة جامعة عين شمس تحت إشراف المؤلف .



شكل (١٤) دراسة سلبية الماسورة



شكل (١٥) مقاطع اسطمبات السحب

الاحتكاك ومواد التزييت المستخدمة فى عمليات سحب المواسير :

لم يفهم بعد بصورة واضحة طبيعة الاحتكاك الذى يحدث أثناء تشكيل المعادن بين المعدن واسطمبة التشكيل ، ومن أهم هذه العمليات سحب المواسير وطرق السحب المختلفة والسابق تعريفها . ويختلف جهاز الاحتكاك هنا عما يوجد أو يحدث بين جسمين مرتين . وقد يتضح أن تكون طبيعة هذا الاحتكاك كما شرحه فورد[١٣] سابقاً . ويتلخص فى الآتى:

يتركز المعدنان على بعضهما على بروزات صغيرة متناثرة على السطح والتى يختلف عددها وطبيعتها تبعاً لدرجة نعومة الأسطح وعند انزلاق إحداها على الآخر تحت تأثير الضغوط المرتفعة الموجودة تقص هذه البروزات وقد تلتصق بأحد السطحين (تلتصق بالسطح الأقل صلادة) . ويوضح قانون الاحتكاك ك = μ ح أن الحمل الكلى يوزع على مساحات هذه البروزات وليس على مساحة سطح التلاصق الكلى غير الواقعى ، ويحدد معامل الاحتكاك فى مثل عمليات التشكيل هذه بالقيم μ = ٠٧ر٠ حتى ٨ر٠ تقريباً . أما فى حالة وجود أحد المعدنين فى حالة لدونة فإن معامل الاحتكاك يقل عن ذلك ويوضح فورد هذه الحالة بقوله إن قيم الإجهادات العمودية الموجودة أثناء السحب تكون مرتفعة ، ويكون إجهاد القص المماس للسطح المنزلق مركبة واحدة من عدة مركبات معقدة التوزيع وعلى ذلك فإن قيمة الإجهاد المطلوب فى الاتجاه المماس يكون بسيطاً .

وقد كان المتبع فى أغلب الدراسات السابقة (٩) ، (١٠) فرض قيم لمعامل الاحتكاك μ والتى تعطى أحسن مطابقة بين النتائج العملية والدراسات النظرية لنوع التشكيل تحت الدراسة ، وواضح أن هذه الطريقة غير مقبولة حيث يصح وجود عوامل أخرى كثيرة قد تؤثر على النتائج وتطابق بينها ، ولا يدل هذا الفرض أبداً على صحة قيمة معامل الاحتكاك الحادث . كما يصح أن يبتعد مثل هذا الفرض عن حقيقة الأخطاء الأخرى الجائز وجودها بالتحليل النظرى المفروض ، مما لا يساعد على إيضاح جوانب التحليل المختلفة .

ولقد حاول البعض تحديد قيم معاملات الاحتكاك الحادث فى بعض عمليات التشكيل ، ويبين جدول (١) التالى قيم μ التى حصل عليها من مختلف مصادر الدراسة .

ومن الدراسات العملية لتحديد قيم μ ، ما قام به ما كليلان(١٦) وويستريخ(٢٠) والتى استخدمت فيها اسطمبات مكونة من نصفين منفصلين . ولقد أمكن تحديد قيم μ بقيـــاس قوة فصل نصفى الاسطمبة ، والحمل المحورى ، ثم حساب μ هكذا .

$$\mu = \frac{1 - \frac{\text{ض}}{\text{ح}} \cdot \text{طا}\,\alpha}{\text{طا}\,\alpha + \frac{\text{ض}}{\text{ح}}}$$

حيث ح هو الحمل المحورى ، ض هو الحمل نصف القطرى . ولقد أمكن للمؤلف (بطرس) قياس معامل الاحتكاك فى أثناء عمليات كى المواسير باستخدام اسطمبات من قطعة واحدة ، مركب عليها قياسات كهربائية لمقادير الجهد . ومنها يحسب الحمل نصف القطرى على أسطح الأسطمبة الداخلية . وفى نفس الوقت يقاس الحمل المحورى ، ومن هذه الأحمال تحسب قيمة μ فى المعادلة السابقة .

وهنا يجب الإشارة إلى أن الخطأ فى تطبيق المعادلة السابقة يقدر بحوالى ± ٧ إلى ١٥٪ ، تبعا لاحتمال الخطأ فى تسجيل الأحمال المحورية أو النصف قطرية الناتج عن خطأ فى تسجيلات القياسات الكهربائية للجهد حوالى ± ٥٪ وهى القيمة العملية المقبولة (شكل ١٦) .

وفى التجارب التى أجراها المؤلف (بطرس) على عمليات كى كل من المواسير الألمنيوم والصلب الطرى أمكن تحديد معاملات الاحتكاك كالآتى :

جدول رقم (١)

معاملات الاحتكاك فى بعض عمليات تشكيل المعادن

المصدر	نوع الاختبار	الحـــــالة	معامل الاحتكاك μ
بودن[١٤]	جسمان مستويان مرتان منزلقان	مواد تزييت صلدة وسائلة	٠٫٠٨ فما فوق
فورستر[١٥]	جسمان مقعران مرنان ومنزلقان	مواد تزييت صلدة وسائلة	٠٫٠٩ حتى ٠٫٢
ماكيلان[١٦]	سحب الأسلاك	تجارب متعددة	٠٫٠٥ حتى ٠٫١٢
فورد وأليس[١٧]	درفلة على البارد	صلب ونحاس على صلب	٠٫٠٤ حتى ٠٫٠٨
بارون وطمسون[١٨]	سحب الأسلاك	محلول صابون	٠٫٠٣ حتى ٠٫٠٩
واطس وفورد[١٩]	ضغط عدل	أسطح مصقولة	٠٫٠١٥ حتى ٠٫٠٥
ويستريح[٢٠]	سحب الأسلاك	نحاس أحمر على صلب عدة — مواد تزييت سائلة	٠٫٠٢ حتى ٠٫٠٣
ميجر[٢١]	سحب الأسلاك	صلب على صلب تنجستن أو على صلب وألومنيوم على صلب	٠٫٠٤ حتى ٠٫١٦ ٠٫١٦ فما فوق
ساخس[٢٢]	سحب المواسير	نحاس أصفر على صلب صلب مخمر على صلب	٠٫٠٣٩ حتى ٠٫٠٦ ٠٫٠٤ حتى ٠٫٠٦
سويفت وبرجز[٢٣]	ثنى فى عمليات سحب	ثنى صلب طرى على الناشف ثنى صلب طرى مع مادة تزييت ثنى ألمونيوم على الناشف ثنى ألمونيوم مع مادة تزييت	٠٫١١٧ حتى ٠٫١٢٧ ٠٫٠٤ حتى ٠٫٠٧٨ ٠٫٠٧٦ حتى ٠٫١٠٦ ٠٫٠٢٧ حتى ٠٫٠٢٩
برجز وسويفت[٩]	كى الفناجيل المعدنية	صلب على صلب مع مادة تزييت جرافيت مع الشحم	فرضت ٠٫١٣٥
سويفت[٥]	سحب المواسير فارغة	ألمنيوم أو صلب على صلب (مع فرض معامل الصلادة = ١)	فرضت ٠٫٢٧

ملخص الموضوعات
بالقسم الانجليزى

طريقة تحليلية جديدة للتعبير رياضيا عن نواحى المحرك شراجا

للدكتور المهندس محمد جلال المغربى
والدكتور المهندس أحمد بشاد

يقدم هذا البحث طريقة تحليلية جديدة للتعبير رياضياً عن نظرية المحرك المعروف باسم شراجا . وهذه الطريقة مبنية على اعتبار المحرك تسعة دوائر كهربية منفصلة ، كل منها مرتبطة بالأخرى مغناطيسياً ، ثم التعبير بالمعادلات التفاضلية الآتية عن هذه الدوائر التسع . وعند وضع هذه المعادلات التفاضلية ، يستعاض عن الملفات المتصلة بعضو التوحيد بثلاث دوائر كهربائية مستقلة سميت « الدوائر المكافئة للملفات عضو التوحيد » ، وهذه الدوائر الثلاث المكافئة لها معامل حيث يتغير بتغير معامل الإنزلاق للمحرك .

وقد نتج عن هذا التصور الجديد ، تبسيط النظرية التحليلية للمحرك ، كما أمكن بواسطته تفادى الفروض التقريبية التى ترتكز عليها الطرق التحليلية الأخرى لهذا المحرك

كما يقدم البحث مقارنة بين نتائج هذه النظرية والقياسات العملية على أحد المحركات من هذا النوع . عن طريق منحنيين بيانيين للمحرك لسرعتين أقل وأكبر من السرعة المتزامنة . وتثبت هذه المقارنة اتفاق جيد بين النتائج العملية والنتائج التى تؤدى لها هذه النظرية الجديدة .

التوزيع القطرى لمقدار الخطوة والانحناء لمقاطع ريش الرفاصات البحرية

للدكتور المهندس فؤاد بهجت

أستاذ الهندسة البحرية وبناء السفن المساعد

جامعة الاسكندرية

يختص هذا البحث بتحديد مقدار الخطوة والإنحناء قطرياً على مقاطع ريش الرفاصات البحرية . وقد قسم هذا البحث إلى ثلاث أقسام رئيسية :

فالقسم الأول يختص بنظرية « خط الرفع » والمعادلات المختلفة التى توصل إليها بعض الباحثين لتعيين مقدار كل من الخطوة الأساسية وكذلك مقدار الإنحناء الأساسى وتوزيع ذلك قطرياً على طول جناح الرفاص .

هذا ويقترح الباحث هنا معادلة بسيطة يمكن عن طريقها تحديد مقدار الخطوة الأساسية وتوزيعها قطرياً للرفاصات التى تعمل فى مجال مائى متغير . وقد طبقت تلك المعادلة والمعادلات الأخرى المعروفة على حالتى رفاصين مختلفين .

ويختص القسم الثانى بنظرية « مسطح الرفع » وهى النظرية التى تأخذ فى اعتبارها أن أجنحة الرفاصات البحرية عريضة وهو ما يعبر عنه كذلك بالإنحناء المائى — ولقد أعطى فى هذا القسم شرح مقتضب لمختلف طرق التصميم التى تعرض لها هذا البحث وهى طريقة ايرنز — لودفيج — جنزل ، وطريقة (ب) ، وطريقة (ب) المبسطة وكذلك طريقة بارل .

أما القسم الثالث فقد اختص بالحساب والتطبيق للنظريات والطرق السابقة فى حالة ثلاث رفاصات بحرية مختلفة . وقد قورنت النتائج بعضها البعض ونوقشت فى الحالة الخاصة بدخول المياه لمقاطع الريش بدون صدمة . وقد أخذ فى الاعتبار أن الخط الذى يصل مقدم مقطع الريشة بنهايتها هو خط الأساس المقارنة — وأخيراً فقد قورنت النتائج التى حصلنا عليها من تطبيق الطرق والنظريات السابقة فيما يختص بالنسبة بين الإنحناء المستنتج والميل المستنتج لكل مقطع من مقاطع ريش الرفاصات الثلاث السابقة .

العمليات الرياضية بطريقة الكترونية مبسطة

دكتور مهندس فرانسوا بهمان

بالرجوع إلى نظرية المسطرة الحاسبة الميكانيكية ، أمكن وضع تصميم دوائر لفكرة جديدة مبسطة لإجراء عمليات الضرب والقسمة وبالتالى عمليات الرفع إلى الأسس وأخذ الجـذور لأى عملية رياضية ، وذلك باستخدام مقاومات متغيرة وأجهزة قياس ومقويات الـكترونية بسيطة على أن تدرج المقاومات وأجهزة القياس بطريقة خاصة لتقرأ ناتج العملية الرياضية مباشرة .

والفكرة الأساسية المبسطة هى استخدام مقاومتان متغيرتان (من السلك الذى يعطى تناسب خطى ثابت بين قيمة التغير الحركى للمقاومة ومقدار التغير فى قيمتها) — مدرجتان تدرجاً لوغاريتميا ، ليكونا الذراعين المتغيران من دائرة جسرين مع بطاريتين وفولتمتر صمامى مدرج تدريج لوغاريتمى أيضاً .

فإذا أردنا ضرب كميتين س ، ص مثلا — نضبط قيمة المقاومة المتغيرة الأولى على قيمة س لتعطى الجهد $ح_1$ = لو س على طرف الفولتمتر المتصل بها — كما نضبط المقاومة المتغيرة الثانية على قيمة ص لتعطى الجهد $ح_2$ = لو ص على الطرف الآخر للفولتمتر — وبذلك يقرأ الفولتمتر $ح_1 + ح_2$ = لو ص أى يقرأ قيمة لو س ص . وحيث أن تدريج الفولتمتر لوغاريتمى فإنه يشير مباشرة إلى قيمة س ص .

ويمكن للدائرة المبسطة أن تقوم بعملية قسمة أيضاً عن طريق عكس طرفى أحد البطاريتين وإذا ذاك يقرأ الفولتمتر الفرق بين الجهدين $ح_1$ ، $ح_2$ أى لو س — لو ص أى لو $\frac{س}{ص}$ ويشير إلى قيمة $\frac{س}{ص}$

وقد نفذت الدائرة بطرق معدلة لدفع أى رقم إلى ا س ولقراء الجـذر النونى لأى رقم باستخدام مقويات التيار المستمر .

وللطريقة المبسطة المذكورة مميزات إمكان عمل التجارب المستقبلة عليها الموضحة فيما يلى :

١ — إضافة مقاومات متغيرة كأذرع للدائرة لإجراء عمليات حسابية لمتغيرات أكثر .

٢ - استعمال المقاومات المتغيرة متعددة الدورات مع فولتمتر حساس لزيادة دقة القراءات بدرجة عالية .

٣ — استخدام مقاومات متغيرة متحدة المحور ولها تدريج واحد للمتغيرات التابعة .

٤ — استعمال مقاومات ذات تغير لوغاريتمى مما يتيح استخدام تدريج منتظم بما له من مميزات .

٥ — إتمام عمليات توصيل الدوائر بطريقة أوتوماتيكية مما يزيد من إمكانيات استخدامها .

ويتضح أن الفكرة فى أساسها هى جمع وطرح جهود كهربائية وتحويلها لعمليات ضرب وقسمة وأسس وجذور باستخدام مقاييس لوغايتمية ، مما يتيح سهولة استخدامها على نطاق عمليات رياضية معقدة .

إستخدام النماذج الرملية فى بحث مسائل حركة المياة الجوفية

للدكتور المهندس ممدوح شاهين
المدرس بقسم الرى والأيدروليكا
كلية الهندسة — جامعة القاهرة

من المعروف أن عدداً كبيراً من المسائل المتعلقة بحركة المياه الجوفية فى خلايا التربة يمكن حلها أما بالطرق النظرية وأما بالطرق المعملية أو بالإثنين معاً .

فالطرق النظرية أو التحليلية تتضمن تحليل حركة المياه تحليلا رياضياً مضبوطاً أو تحليلا تقريبياً كما تتضمن الحل البيانى . وعلى الرغم من نجاح هذه الطرق فى حل بعض المسائل إلا أنها لم تنجح بعد فى حل البعض الآخر .

كذلك فإن بحث أى مسألة خاصة بحركة المياه الجوفية فى التربة على الطبيعة يقتضى عادة وقتاً طويلا ، وفى كثير من الأحوال لا يتم البحث على النحو المطلوب لما قد يتكلفه ذلك من مبالغ طائلة . لذا فإن أسرع الطرق وأقلها تكلفة هى الطريقة المعملية وفيها تدرس أى مسألة على نموذج ذى مقياس مصغر ، غير أنه يجب أن يكون مفهوماً أن إنشاء أى نموذج وتحديد مقاييسه بل وتشغيله لا بد وأن يكون مبنياً على أساس النظريات الخاصة بحركة المياه فى التربة كذلك ينبغى معرفة الاشتراطات الحدية من الطبيعة لإدخالها فى النموذج ويفضل تعليل النتائج التى يحصل الباحث عليها من التجارب على النموذج فى ضوء النظريات المعروفة ما أمكن إلى ذلك سبيلاً . ومع كل هذا فقد أدى استعمال النماذج المعملية إلى حل كثير من المسائل المتعلقة بحركة المياه الجوفية لم يمكن حلها من قبل بأى طريقة أخرى .

والنماذج أما أنها صورة مصغرة من الطبيعة كما هو الحال فى النماذج الرملية أو مبنية على أساس التماثل بين حركة المياه الجوفية فى مسام التربة ونظريات الحركة الأخرى مثل سريان الحرارة أو التيار الكهربى فى المواد الموصلة أو إنثناء الأغشية الرقيقة أو حركة الموائع اللزجة فى القنوات الرفيعة ، كما أنه يجوز الجمع بين أكثر من تماثل واحد فى نموذج واحد .

INDUSTRIAL WASTES

by

Eng. RIZK EL SHINNAWY

The development of industry in any country is the natural outcome of civilization and its demand for a high standard of living. Therefore, many factories had been established, and several industries had been introduced in the U.A.R. during the last 12 years of the Egyptian Revolution. It is the general policy of the government, for financial and economical considerations, that our local products must cover most, and if possible all, our requirements in the fields of science, economy, militancy, etc... As we shall continue to have more products of civilization and to develop more and more industries, we shall have to suffer more and more of industrial wastes.

The industrial wastes can take one of the three forms: solid, liquid, and gaseous, and sometimes the three forms together.

Although the main idea of this article is to deal with liquid wastes, a brief discussion of solid and gaseous wastes will be of some interest. From the research, it will be seen that any discharge from an industrial plant into a stream, which in any way interferes with the normal use of the stream by the neighbouring cities, or interferes with the processes of other industries, or affects in any way the life, health, and well-being of the people, use of the stream, requires treatment to remove the destructive or polluting element. In this research, the following main points have been discussed:

1.—Review of the most important industries from the waste view point, and their pollutional effect.

2.—Harmful effects of industrial wastes on streams and sewerage systems.

3.—Methods of waste treatment: physical, chemical, and biological; with illustrative examples.

4.—Clarified effluent disposal.

5.—Classification of industries and proposed methods of treatment.

SYNOPSIS OF THE SUBJECTS PUBLISHED IN THE ARABIC SECTION

Dr. ELSAYED M. BADAWY



— B.Sc. Mechanical Engineering, Alexandria University, 1951.

— M.Sc. Mechanical Engineering, Alexandria University, 1954.

— Ph.D. Mechanical Engineering, University of Minnesota, U.S.A., 1959.

— Member of the Egyptian Society of Radioactive Isotopes.

— Lecturer of Machine Design and Theory of Machines, Department of Mechanical Engineering, Alexandria University.

Eng. RIZK EL SHINNAWY



— B.Sc. Civil Engineering, Cairo University, 1956.

— Diploma of Sanitary Engineering, Delft Technological University, Holland, 1961.

— Member of the International Society of Hydraulic Engineering, Holland.

— Lecturer in Municipal Engineering, Faculty of Engineering, Assiut University.

— In change of the Testing Office of the Sewage Department, Cairo Municipality.

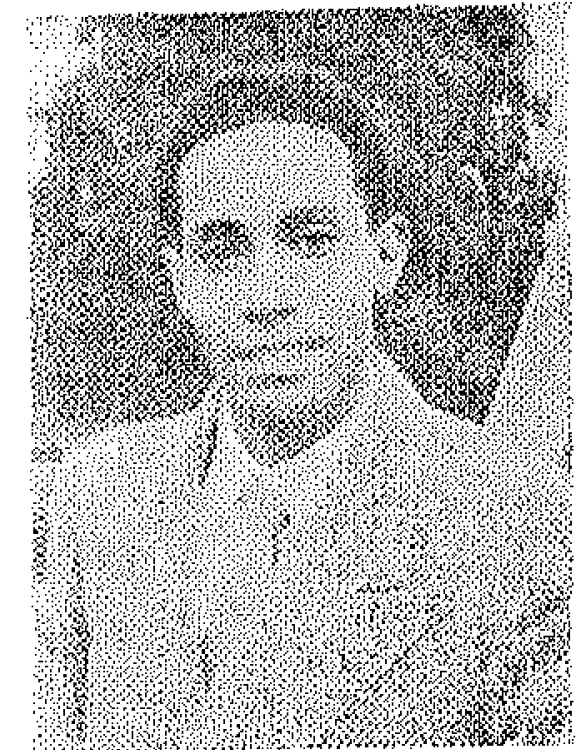
ABOUT THE AUTHORS

Dr. M. G. EL-MAGHRABY



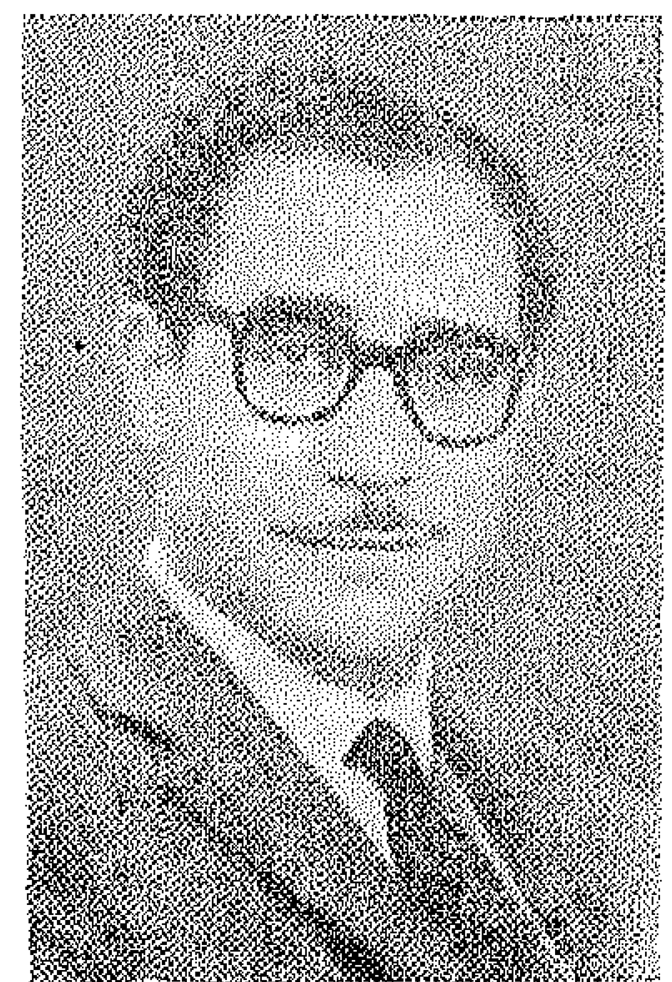
- B.Sc. (Hons.), Electr. Eng. 1944, Cairo University.
- Dr. Sc. Tech., E.T.H., Zurich, 1948.
- Author of several published articles in the field of electrical machines.
- Ass. Prof. at the Electrical Dept., Faculty of Engineering, Cairo University.

Dr. FARID M. BADRAN

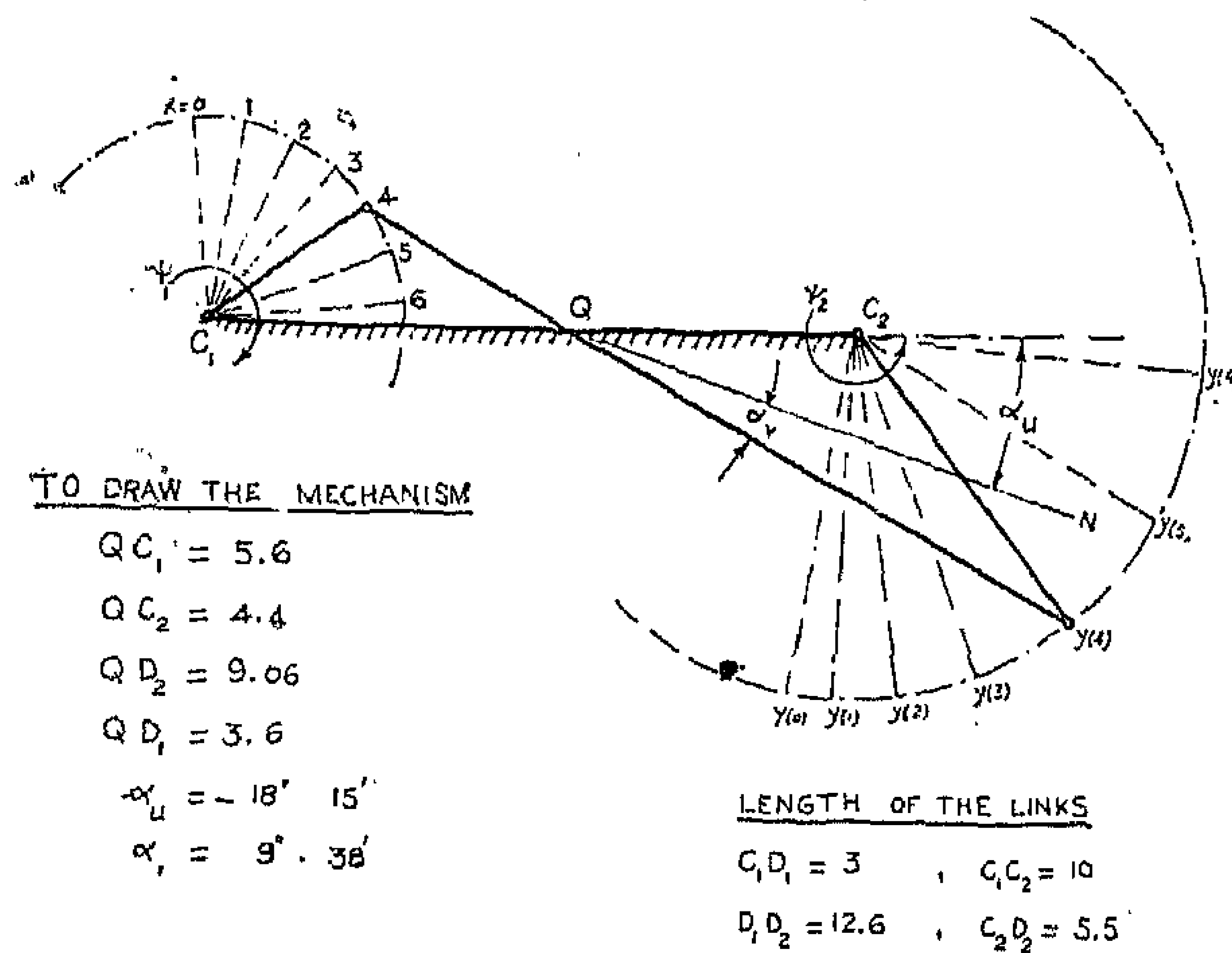


- B.Sc. Elect. Eng. Cairo University, 1952.
- Ph.D. Automatic Switching, Technical University of Berlin, 1959.
- Specialized in Modern Telegraph Techniques in the works of Siemens & Halsko AG., in Germany.
- He works since 1962 as Lecturer in the Electrical Department of the Faculty of Engineering, Cairo University.

Dr. MAMDOUH SHAHIN



- B.Sc. Civil Eng. 1952, Cairo University.
- M.Sc. Irrig. Eng. 1955, Cairo University.
- Diplomas of Higher Studies in Irrig., Hydr. and Soil Mechanics, Cairo and Delft Universities.
- Ph.D. Irrig. Eng. 1959, Cairo University.
- Research Engr. with the Zuiderzee Works Authority, the Netherlands, 1962-1963.
- Lecturer, Faculty of Engineering, Cairo University.



(FIG. 5) MECHANISM TO GENERATE THE FUNCTION

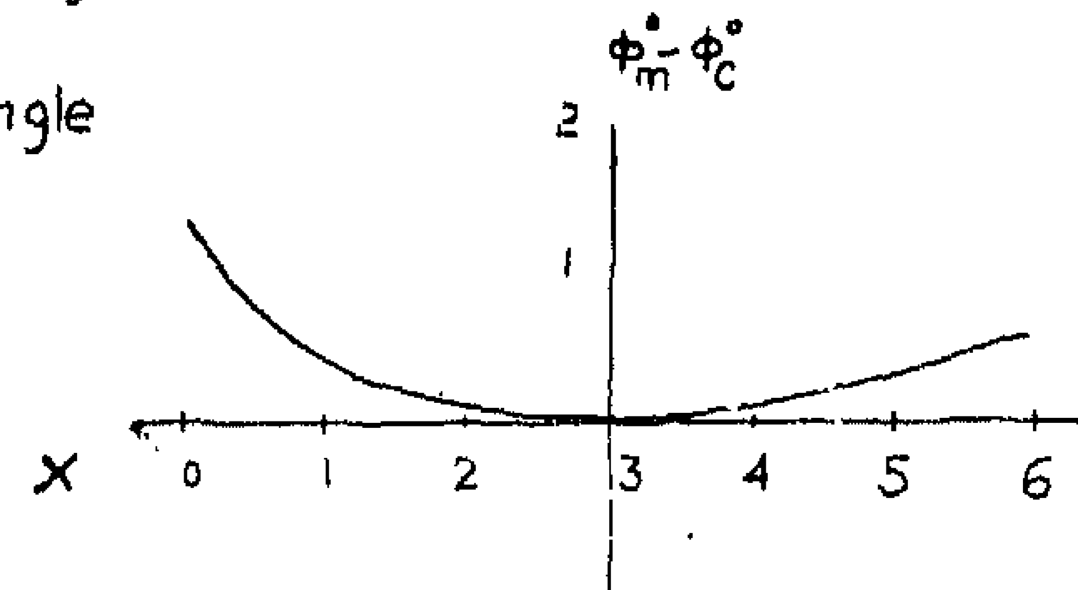
$y = -\frac{x}{8}(x+2)$ $\quad 0 < x < 6$

$0 < \psi_1 < 90^\circ$

$0 < \psi_2 < 90^\circ$

ϕ_m = measured angle

ϕ_c = correct angle



(FIG.6) ERROR CURVE

Conclusion

Earlier investigators (ref. 4) have solved similar problems using fourth order and four point approximations using Freudenstein equation (ref. 5). A better solution was obtained here by using the fifth order approximation. If the scales associated with the crank displacements are left as unknowns then a seventh order approximation may be possible.

Acknowledgement

The author is indebted to Prof. Dr. M. N. Aref, Department of Mechanical Engineering, University of Alexandria, for consultation during the preparation of this paper.

REFERENCES

1. Svoboda, A., "Computing Mechanisms and Linkages", Mc-Graw Hill Book Company, New York, 1948.
2. Sieker, K. H., "Ermittlung von Gelenkvierecken aus den Krümmungshalbmessern der Polbahnen und deren Anwendungen. Z. die Technik", Vol. 3 (1948), pp, 170-174.
3. Wolford, J. C., "Product Engineering", October 1955.
4. Hall, A. S. Jr., "Kinematics and Linkage Design", Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1961.
5. Freudenstein, F., "Approximate Synthesis of Four Bar Linkages", Trans. ASME, Aug. 1955, pp. 853-861.

TO DRAW THE MECHANISM

$QC_1 = 9$ $QC_2 = 19$

$QD_1 = 14.5$ $QD_2 = 8.64$

$\alpha_u = 63^\circ\ 12'$

$\alpha_v = 55^\circ\ 48'$

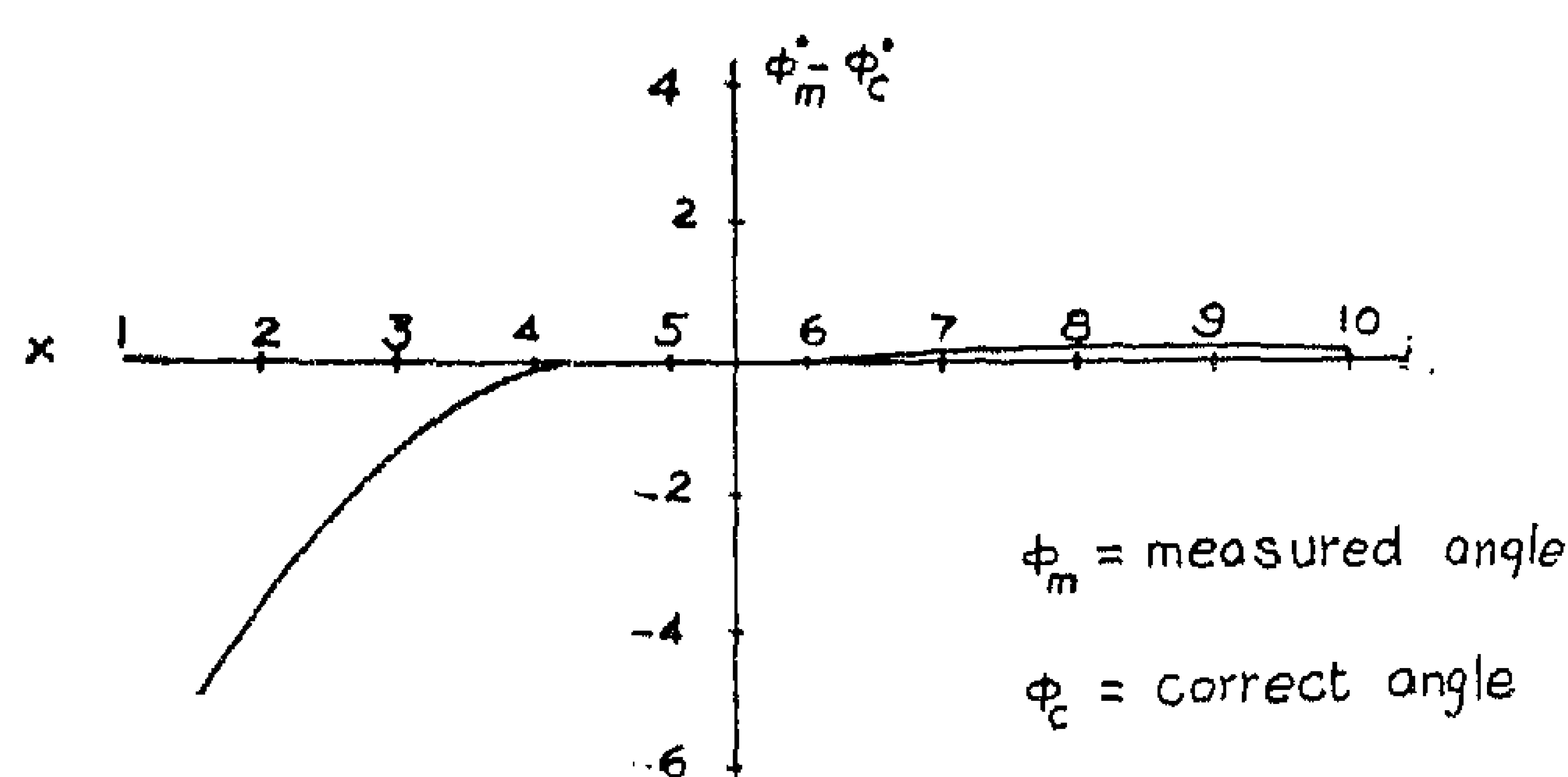
LENGTH OF THE LINKS

$C_1D_1 = 20.25$, $C_1C_2 = 10$

$D_1D_2 = 5.75$, $C_2D_2' = 24.25$

(FIG. 3) MECHANISM TO GENERATE THE FUNCTION

$y = \ln x$ $1 < x < 10$, $0 < \psi_1 < 90^\circ$, $0 < \psi_2 < 60^\circ$



(FIG.4) ERROR CURVE

Let $u_{12} = 1$ (to be multiplied later by a factor to get a suitable mechanism).

Substituting in equations 2.1 to 2.12, we have

$u_1 = -0.55556$

$u_2 = \ \ 0.44444$

$\tan \alpha_u = -0.33953$

therefore $\alpha_u = -18^\circ\ 15'$

$\delta = \pm 0.26076$

$\Theta_1 = \ \ 1.60523$

$\Theta_2 = -1.39477$

$d\delta/ds = \mp 0.09229$

Check sign of δ using equation 2.8

therefore $\delta = -0.26076$

and hence $d\delta/ds = +0.09229$

$d\Theta/ds = -0.87230$

$d^2\delta/ds^2 = -0.15546$

$\tan \alpha_v = 0.16981$ therefore $\alpha_v = 9^\circ\ 38'$.

$v_1 = -0.358$

$v_2 = \ \ 0.906$

The mechanism is shown in fig. 5 and the error curve is shown in fig. 6.

$$\frac{1}{v_1} = \frac{1}{3\delta} \left[\frac{\Theta_1}{\cos \alpha_v} + \frac{d\delta}{ds} \frac{1}{\sin \alpha_v} \right] \qquad (2.11)$$

$$\frac{1}{v_2} = \frac{1}{3\delta} \left[\frac{\Theta_2}{\cos \alpha_v} + \frac{d\delta}{ds} \frac{1}{\sin \alpha_v} \right] \qquad (2.12)$$

Referring now to fig. 2, the mechanism can be drawn.

Example No. 1

Let it be required to design a four bar mechanism to mechanize the logarithmic function

$$y = \ln x \qquad 1 < x < 10$$

The crank associated with x is to rotate 90° and that associated with y is to rotate 60°. High precision is desired near $x = 5.5$

The scales k_x and k_y may be chosen as follows:

$k_x = \Delta x/\Delta \psi_1$, $k_y = \Delta y/\Delta \psi_2$

$k_x/k_y = (\Delta x/\Delta y) \quad (\Delta \psi_2/\Delta \psi_1)$

and in the limit we have $d \psi_2/d \psi_1 =$
$= (k_x/k_y)\ dy/dx$

$$\psi'' = \frac{k_x}{k_y} \frac{d}{d\psi_1} \left(\frac{d_y}{d_x} \right) = \frac{k_x}{k} \frac{d^2{}_y}{d_x{}^2} \frac{d_x}{d\psi_1} =$$

$$= \frac{k_x{}^2}{k_y} \frac{d^2y}{d_x{}^2} \text{ etc.}$$

$k_x = \Delta x/\Delta \psi_1 = (10 - 1/(\pi/2) =$
$= 5.72960$

$k_y = \Delta x/\Delta \psi_2 = (\ln 10 - \ln 1)/(\pi/3) =$
$= 2.19881$

at $x = 5.5$ and taking k_y positive which means that the driving and driven cranks will rotate in the same direction, we have

$\psi' = (k_x/k_y)\ x^{-1} = 0.47378$

$\psi'' = (k_x{}^2/k_y)\ (-x^{-2}) = -0.49355$

$\psi''' = (k_x{}^3/k_y)\ (2\ x^{-3}) = 1.02832$

$\psi'''' = (k^4{}_x/k_y)\ (-6\ x^{-4}) = -3.21373$

Let $u_{12} = 1$ (to be multiplied later by a factor to get a suitable mechanism)

Substituting in equations 2.1 to 2.12, we have

$u_1 = 0.90031 \qquad u_2 = 1.90031$

$\tan \alpha_u = -1.98046$

therefore $\alpha_u = -63° 12'$

$\delta \pm 3.76909$

$\Theta_1 = 1.38582 \qquad \Theta_2 = -1.61418$

$d\ \delta/ds = \mp 8.48534$

Check sign of δ by substituting in equation 2.8 therefore $\delta = +3.76909$

and hence $d\delta/ds = -8.48534$

$d\Theta/ds = 0.42316 \qquad d^2\delta/ds^2 = 14.50819$

$\tan \alpha_v = 1.47163 \qquad$ therefore $\alpha_v = 55° 48'$

$v_1 = 1.45 \qquad v_2 = 0.864$

The resultant mechanism is shown in fig. 3 and the error curve is shown in fig. 4.

Example No. 2

Let it be required to design a four bar mechanism to generate the following function

$$y = -\frac{x}{8}(x + 2)$$

with high precision near the point $x = 4$. Both cranks associated with x and y are to rotate through 90°.

$k_x = \Delta x/\Delta\psi_1 = (6-0)/(\pi/2) =$
3.81972 units/radian

$k_y = \Delta y/\Delta\psi_2 = (-6-0)/(\pi/2) =$
$-$ 3.81972 units/radian

therefore $k_x/k_y = -1$ and the cranks will rotate in opposite directions and that takes care of the sign in the generated function.

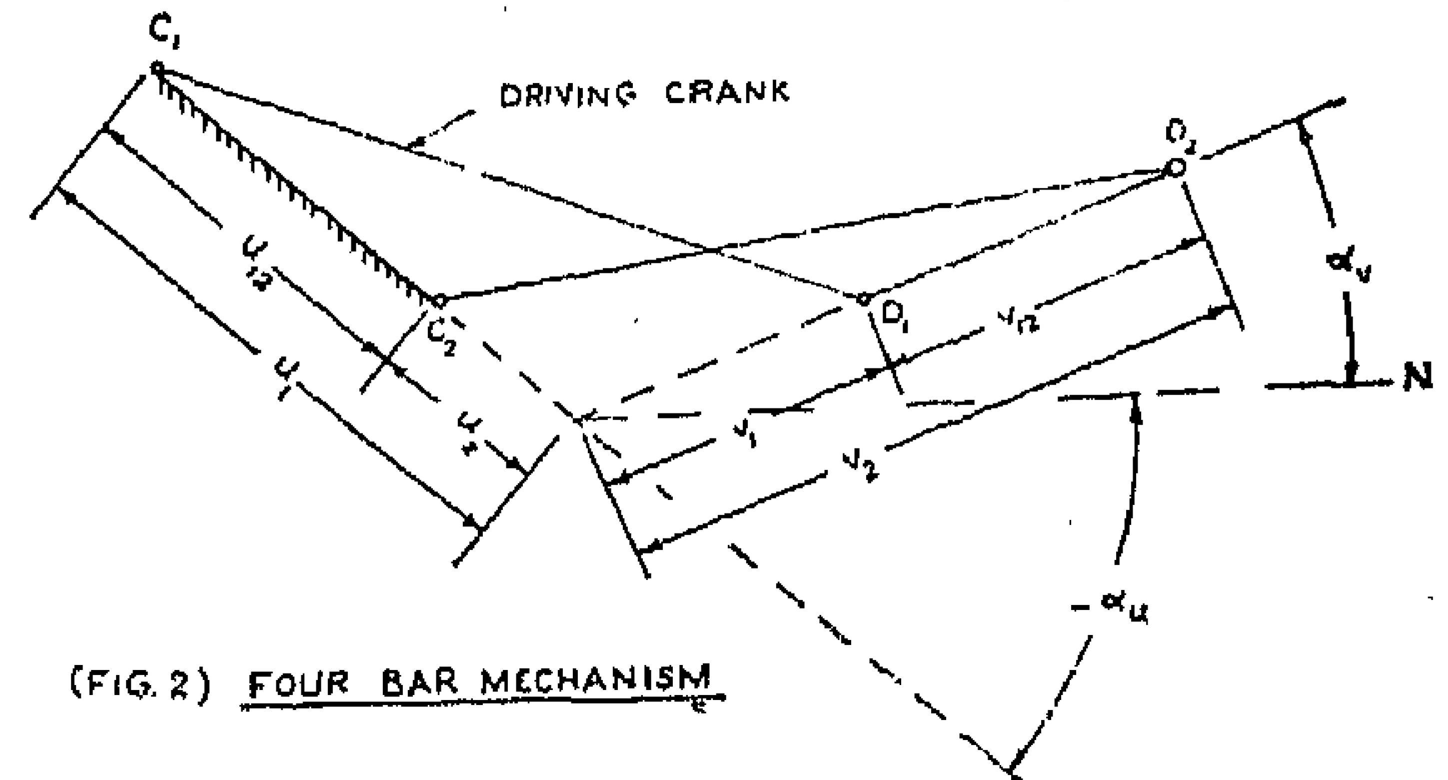
$\psi' = (k_x/k_y)\ (x + 1)/4 = -1.25.$

$\psi'' = (k_x{}^2/k_y)\ (1/4)$

$\psi''' = 0$

$\psi'''' = 0$

of as attached rigidly to all the four links of the mechanism, and their profiles determine the relative motion between the links. The polodes remain invariant under kinematic inversion. The symbols u and v may therefore be interchanged in the equations developed with the results given in table 1.



(FIG. 2) FOUR BAR MECHANISM

TABLE 1

$$u_1 = \frac{u_{12}\,\psi'}{1-\psi'} \qquad \text{(2.1)}$$

$$u_2 = \frac{u_{12}}{1-\psi'} \qquad \text{(2.2)}$$

$$\tan \alpha_u = \frac{\psi''}{\psi'(1-\psi')} \qquad \text{(2.3)}$$

$$\frac{1}{\delta} = \pm \frac{(1-\psi')^3}{u_{12}\sqrt{\psi'^2(1-\psi')^2+\psi''^2}} \qquad \text{(2.4)}$$

$$\Theta_1 = \frac{\psi'^2(1-\psi')(2-\psi') + 3\psi''^2 - \psi'\psi'''}{\psi'^2(1-\psi')^2+\psi''^2} \qquad \text{(2.5)}$$

$$\Theta_2 = \Theta_1 - 3 \qquad \text{(2.6)}$$

$$\frac{d\delta}{ds} = \delta \sin \alpha_u \left[\frac{\Theta_1}{u_2} - \frac{\Theta_2}{u_1} \right] \qquad \text{(2.7)}$$

Check sign of δ according to the following equation

$$\frac{1}{u_1} = \frac{1}{3\delta}\left[\frac{\Theta_1}{\cos \alpha_u} + \frac{d\delta}{ds}\,\frac{1}{\sin \alpha_u} \right] \qquad \text{(2.8)}$$

$$\frac{d\Theta}{ds} = \frac{\tan \alpha_u}{\delta}\left[2\,\Theta_1\,\Theta_2 + \frac{\psi'^2\left\{4(1-\psi')^2-\psi'\right\} + 5\psi'\psi''' - \dfrac{\psi'^2\,\psi''''}{\psi''}}{\psi'^2(1-\psi')^2+\psi''^2} \right] \qquad \text{(2.9)}$$

Let $\alpha = \alpha_u$ and solve the following equation

$$\left(\frac{d\delta}{ds}\right)^2 - (\Theta_1+\Theta_2)\frac{d\delta}{ds}\tan\alpha + \left[2\left(\frac{d\delta}{ds}\right)^2 - 3\,\delta\,\frac{d^2\delta}{ds^2} \right]\tan^2\alpha \qquad \text{(2.10)}$$

$$- 3\,\delta\,\frac{d\,\Theta}{d\,s}\tan^3\alpha + \Theta_1\,\Theta_2\,\tan^4\alpha = 0$$

Solve for $\tan \alpha = \tan \alpha_v$

Calculate v_1 and v_2 from the following equati ons

segments into which the line of transmission cuts the line of centers. Let

ψ_1, ψ_2 = angular displacements of roll curves or levers number 1 and 2 respectively, measured clockwise from the reference position

$u_1 = \vec{QC_1}$

$u_2 = \vec{QC_2}$ and

$u_{12} = \vec{C_1 C_2}$

The centers of curvature of the contacting profiles at Q are located at M_1 and M_2, with radii of curvature $\mathcal{S}_1 = M_1Q$ and $\mathcal{S}_2 = M_2Q$. The characteristics of the motion of the roll curves in five infinitesimal positions are : $\mathcal{S}_1$, $\mathcal{S}_2$, $d\mathcal{S}_1/ds$, $d\mathcal{S}_2/ds$, $d^2\delta/ds^2$ where s denotes arc length along roll curves measured from Q and δ is the diameter of the inflection circle. The study of these quantities is carried out in steps in order that the motion can be replaced by a motion kinematically equivalent to the fifth order. It is assumed that a functional relationship such as $\psi_2 = f(\psi_1)$ exists between the roll curves, thus we have the following definitions

$$\psi' = d\psi_2/d\psi_1 , \quad \psi'' = d^2\psi_2/d\psi^2 \text{ etc...}$$

also $u_1 = u_1(\psi_1)$, $u_2 = u_2(\psi_2)$ define equations for contacting profiles of roll curves in polar coordinates . The values of the radii of curvature $\mathcal{S}_1$ and $\mathcal{S}_2$ at Q are found using the general formula for the radius of curvature in terms of the polar coordinates (r, ψ)

$$\frac{1}{\mathcal{S}} = \frac{r^2 + 2\left(\frac{dr}{d\psi}\right) - r\,\frac{d^2r}{d\psi^2}}{\left[r^2 + \left(\frac{dr}{d\psi}\right)^2\right]^2}$$

Substituting $\mathcal{S}_1$ and $\mathcal{S}_2$ in the Euler-Savary equation and assuming that δ is finite then

$$\frac{1}{\delta} = \pm \frac{}{r_{12}} \sqrt{\frac{(1-\psi')^3}{\psi'^2(1-\psi')^2 + \psi''^2}} \qquad (1.1)$$

At this step the suitable sign for $\mathcal{S}_1$, $\mathcal{S}_2$ and δ must be decided upon and the same sign for the square root must be used. $\mathcal{S}_1$ and $\mathcal{S}_2$ may be written in the form

$$\frac{1}{\mathcal{S}_1} = \frac{1}{\delta}(\Theta_1 - 1) \qquad (1.2)$$

$$\frac{1}{\mathcal{S}_2} = \frac{1}{\delta}(\Theta_2 + 1) \qquad (1.3)$$

where

$$\Theta_1 = \frac{\psi'^2(1-\psi')(2-\psi') + 3\psi''^2 - \psi'\psi'''}{\psi'^2(1-\psi')^2 + \psi''^2} \qquad (1.4)$$

$$\Theta_1 = 3 + \Theta_2 \qquad (1.5)$$

and thus $d\Theta_1/ds = d\Theta_2/ds = d\Theta/ds$

The angles α_u is defined as the angle between QN and QC_1 measured clockwise from QN to QC_1

therefore $\tan \alpha_u = \frac{1}{u_1} du_1/d\psi_1 = \frac{1}{u_2} du_2/d\psi_2$

Differentiating equation 1.4 with respect to s and making the necessary substitutions, then

$$\frac{d\delta}{ds} = \frac{\tan \alpha_u}{\delta}\left[2\Theta_1\Theta_2 + \frac{\psi'^2\{4(1-\psi')^2 - \psi'\} + 5\psi'^2\psi''' - \frac{\psi'^2\psi''''}{\psi''}}{\psi'^2(1-\psi')^2 + \psi''^2}\right]$$

This equation can be differentiated and $d^2\delta/ds^2$ can be obtained and thus providing us with the values necessary for the kinematic equivalence.

2. Relative motion of the cranks of a four bar mechanism. Five Infinitesimal Positions.

A four bar mechanism is shown in fig. 2, with the quantities u_1, u_2, u_{12}, and α_u indicated. The two roll curves or the polodes are considered as attached to the cranks C_1D_1 and C_2D_2. Such roll curves may be thought

FOUR BAR FUNCTION GENERATORS

by

Dr. E. M. BADAWY, M.Sc., Ph.D.,
Lecturer of Machine Design and Theory of Machines,
University of Alexandria.

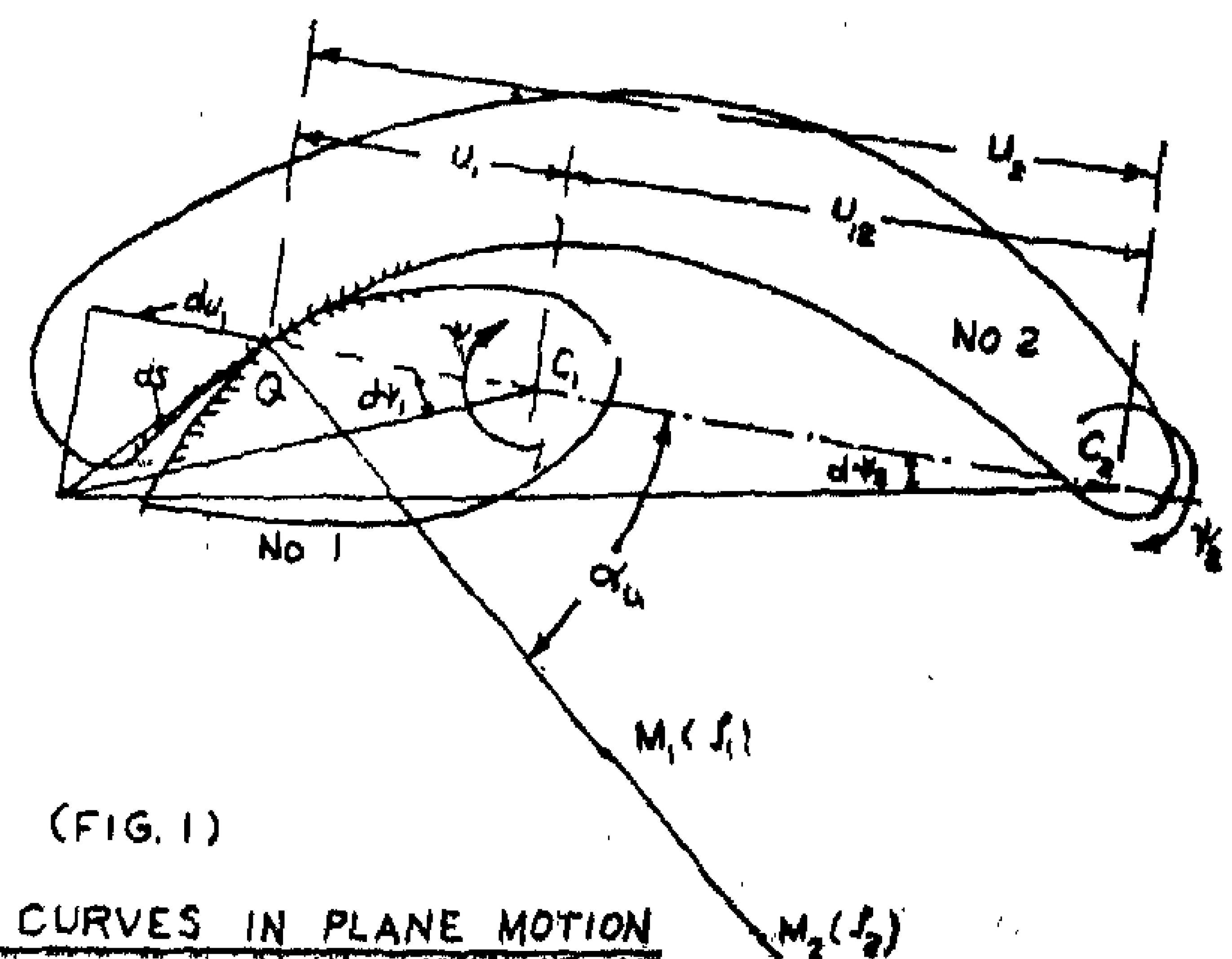
INTRODUCTION.

It had been the common practice of early designers to find a suitable mechanism to satisfy their needs by trial and error and intuition. That was how James Watt discovered his simple mechanism for approximate straight line motion. However, this process was time consuming and in many cases did not lead to the proper solution. Hence efforts were directed towards mathematical investigation. Furthermore, the mathematics of some problems is synthesis were formidable and became more and more complicated as the number of links increased. With the help of computers however, there is a new trend in analytical methods of synthesis. Then there is need of function generating mechanisms, for example, a mechanism whose input angle is proportional to the sine, tangent or logarithm of the output angle. In recent years much consideration has been given to the four linkage as function generators to match an arbitrary function to be generated, at certain number of precision points usually five or less. Two cases of design arise in reference to the relative motions of the cranks. If interest is centered on the time derivatives of the angular positions then the mechanism is proportioned to satisfy certain angular positions, velocities and accelerations. In case of mechanizing an arbitrary function between two variables, the derivatives with respect to the input crank angle are used. Both designs are of great practical significance due to the fact that they are light and comparatively friction free. This is besides their low manufacturing costs.

Svoboda (ref. 1) presented the first contribution to the method of measuring output-input relations for four bar linkages. Also, Sieker (ref. 2), followed by Wolford (ref. 3) gave a use of the relative angular motion of three planes in five infinitesimal positions. In the following a method of mechanizing a four bar linkage is presented together with the design of mechanisms to generate two functions.

1. Relative Motion of Three Planes

The different terms used to distinguish the different types of motion may be defined as; relative motion of a moving point relative to a moving plane, vehicular motion of a moving plane with respect to a fixed plane and absolute motion of a moving plane with respect to a fixed plane and absolute motion of a moving point with respect to the fixed plane. A motion of practical importance is the relative angular motion of two roll curves having contact at point such as Q (fig. 1). For pure rolling Q must lie on the line of centers C_1 C_2. The contact radii are equal to the



(FIG. 1)

ROLL CURVES IN PLANE MOTION

percentage nitrogen in amylose nitrate	Internal energy (Q) calories per gram	Ratio of mean specific heats at constant pressure and constant volume of gas complex (8)	Velocity of detonation meters per second	
			Calculated	Measured
11.5	775.05	1.2415	1930	1900
12.2	872.91	1.2358	2020	2040
12.6	928.83	1.2323	2070	2055
13.0	984.75	1.2291	2110	2100
13.15	1005.72	1.2277	2130	2140
13.5	1054.65	1.2246	2170	2185

The authors' approach using the Hirschfelder approximation constant gives striking resemblance between measured and calculated velocities of detonation. This approach is restricted to low loading densities. Deviations between measured and calculated figures do not exceed 1.6 %.

REFERENCES

(1) D'utriche, H.
Compt. rend. 143, 641 (1906).
Forg. R.
Z. ges. Schiess- u. Sprengstoffw., 11, 17 (1916).

(2) Chapman, D. L.
Phil. Mag., 47, 90 (1899).
Jouguet, E.
Mécanique des Explosifs (Doin et Fils, Paris 1917).
Becker, R.
Z. Physik, 8, 321 (1922).

(3) Hirschfelder and Sherman,
N.D.R.C. Report No. A-101, O.S.R.D. Report 935 (1942).
Nos. A-67M to A-70M.
N.D.R.C. Armor & Ordnance Memos.
O.S.R.D. Report 1300 (1943)

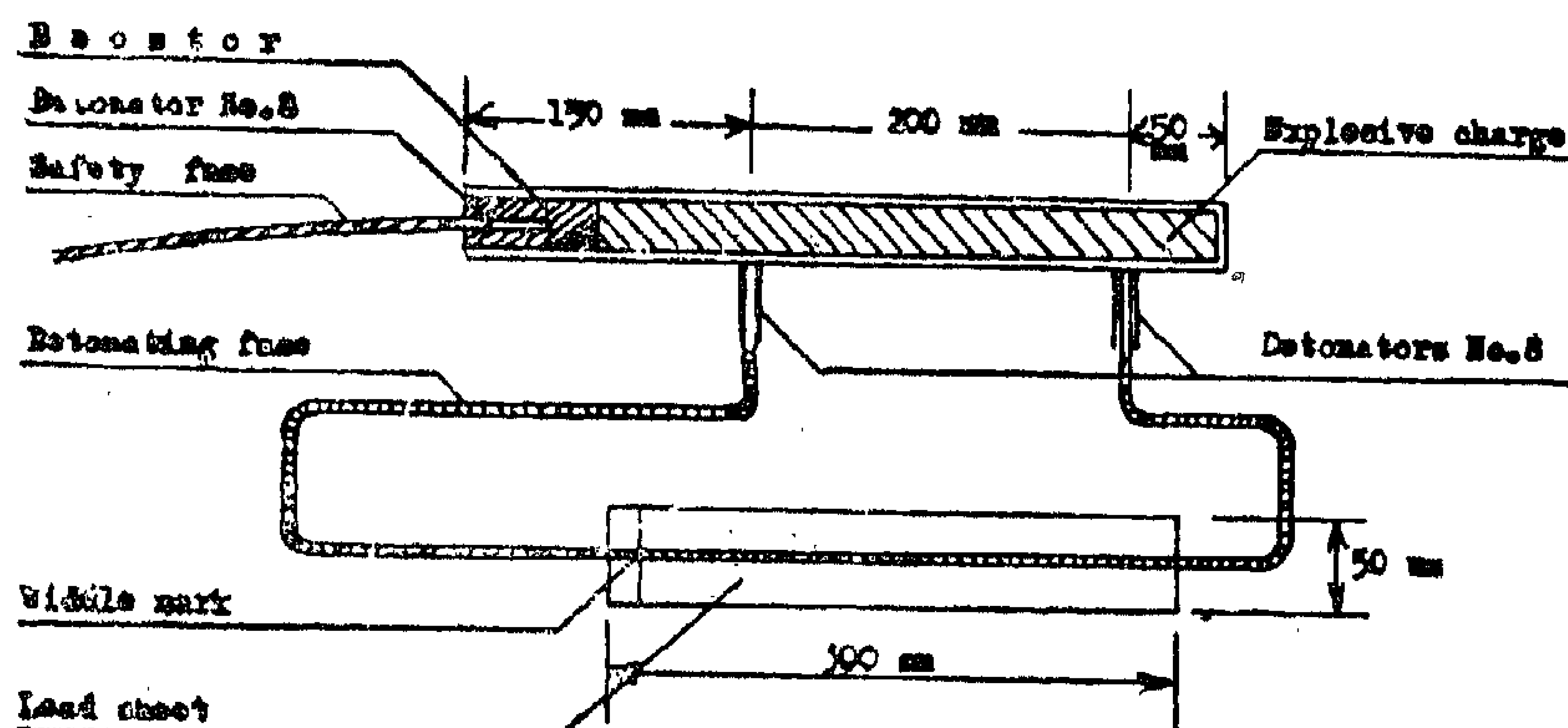


FIG.-(2)

Standard test method

The explosives under test-amylose nitrates of different nitrogen contents are compressed to a low density (0.4 gm/cc) into the steel tubes. The detonators, crimped to the fuse, are insertes into the side tubes and fastened tighly. The lead sheet is mrked transversely across one end and is placed with this end nearer to the side tube which lies closest to the open end of the steel tube. The fuse is laid upon the lead sheet with its middle point exactly coinciding with the mark and fastened to the sheet in at least four points by wires. The assembly is detonated from the open end of the steel tube by a 25 gram booster initiated by a detonator No. 8. The line incised upon the lead sheet is noted and its distance from the original mark is measured.

The mean value of five successive measurements is a standard test result.

Test result

The mean values of the detonation velocities of amylose nitrates of different nitrogen contents are given in the following table :

Percentage nitrogen in amylose nitrate	Velocity of detonation in metres per second
11.5	1900
12.2	2040
12.6	2055
13.0	2100
13.15	2140
13.5	2185

Hydrodynamic computation of the velocity of detonation

According to Rankine and Hugoniot the steady zone of detonation wave is given by :

$$E - E_0 = 0.5\ (p + p_0)\ (v_0 - v)$$

where E_0, p_0 and v_0 represent internal energy per unit mass, pressure and specific volume of the undetonated explosive, and E, p and v represent internal energy per unit mass, pressure and specific volume of the steady zone.

Chapman and Jougueet (2) have shown that the above equation fulfills their stability condition and the velocity of detonation when the detonation products form an ideal gas is given by :

$$0.015\ D = \sqrt{2\ Q\ (\gamma^2 - 1)}$$

where D is the velocity of detonation in meters per second.

Q is the internal energy in calories per gram, and

γ is the ratio of specific heats at constant volume of the gas complex.

An approach for the calculation of the velocity of detonation of amylose nitrates of different nitrogen contents—based on Hirschfelder (3) approximation—is summarized in the following table

The d'Autriche method for the measurement of detonation velocity (1)

This method is based upon the fact that if detonation is initiated in each of the two ends of a length of detonation fuse, the detonation waves proceeding toward each other will produce a marked effect when they meet. When the fuse is laid upon a sheet of lead, a marked line incision is produced on the lead at the point where the two waves meet. If the detonation is initiated simultaneously from both ends, and if the fuse is uniform, then this effect would naturally occur at the exact middle of the fuse.

If one interposes a measured length of an explosive between the two ends of a length of detonating fused of a known velocity of detonation; and a detonation wave is initiated simultaneously at adjacent ends of explosive and fuse, the wave will be initiated at the other end of the fuse only after it passes over the entire length of explosive. Thus, the two detonation waves will meet beyond the median line of the fuse by a distance relative to the time taken by the wave to travel through the interposed explosive.

i.e. if a detonation wave is initiated at point (A) of explosive and detonating fuse; then, the wave will be initiated at the end (B) of the fuse after the time taken by the wave to sweep the length L_e equals the time taken by the wave to sweep distance L_f. Then, opposing waves at points (C) and (D) of the fuse shall meet at the meddile of L_f where a marked line like incision at point (E) is observede.

Since, the distance between points (C) and (E) can be measured, therefore, the distance L_f which is equal to twice the known distance between points (C) and (E) is calculated.

Since, the velocity of detonation V_e of the fuse is known, therefore, the time taken by the wave to sweep $L_e = L_f/V_f$ = the time taken by the wave to sweep L_e.

Therefore, the velocity of detonation of explosive V_e is given by :

$$V_e = L_e/(L_f/V_f)$$

Description of the test assembly

The figure below illustrates the arrangement of the standard test assembly according to d'Autriche for the measurement of the velocity of detonation.

A steel tube 400 mm. long, 25 mm. internal diameter, 35 mm. external diameter, is opened at one end and closed at the other. At a distance 50 mm. from the closed end two side tubes made of copper are welded and their dimensions are suitable for inserting a detcnator No. 8 crimped to either end of a detonating fuse having a standard velocity of detonation and two meters long. The detonating fuse is laid upon a sheet of lead 300 mm. long, 50 mm. wide, and 3 mm. thick.

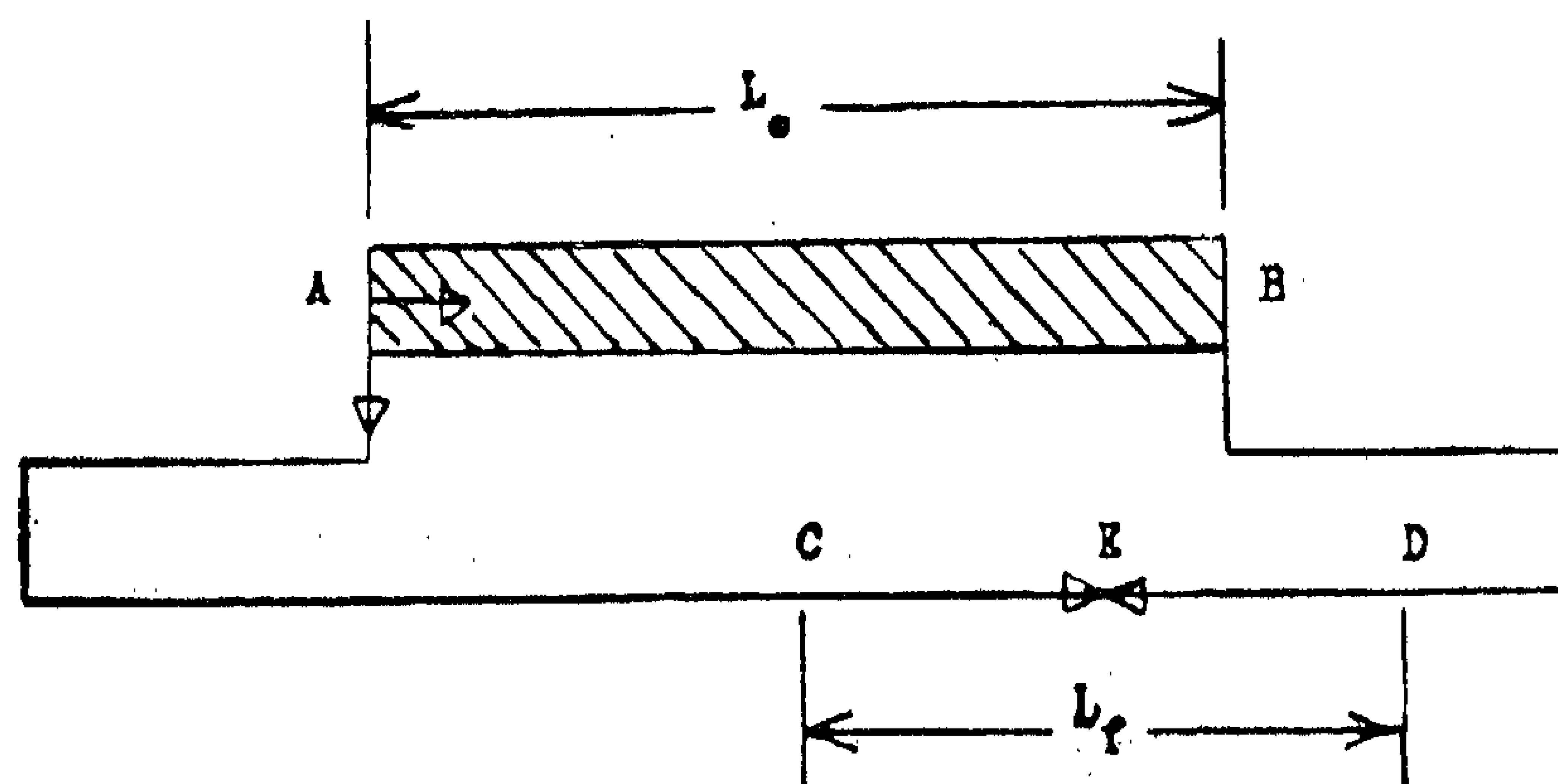


FIG. (1)

THE VELOCITY OF DETONATION OF EXPLOSIVES

By

Dr. ZAKARIA ABDEL RAHMAN SHALASH
Fculty of Engineering, Alexandria.

SUMMARY

The method devised by d'Autriche for the measurement of detonation velocity is described. This standard ingenious test enables velocity measurements to be made on short lengths of explosives by comparison with a known standard. The method is based on the fact that if two detonation waves proceed towards each other, they will produce a marked effect at the point where they meet. If one interposes a measured length of an explosive by comparison with a known standard. The method is based on the fact that if two detonation waves proceed towards each other, they will produce a marked effect at the point where they meet. If one interposes a measured length of an explosive between the two ends of a length of detonating fuse of a known velocity of detonation; and a detonation wave is initiated simultaneously at adjacent ends of explosive and fuse then the wave will be initiated at the other end of the fuse only after it passes over the entire length of explosive. Thus, the two detonation waves will meet beyond the median line of the fuse by a distance relative to the time taken by the wave to travel through the interposed explosive.

Application of this method for the measurement of the velocity of detonation of amylose nitrates of different nitrogen contents, gave value ranging from 1900 to 2185 meters per second.

Computation of the velocity of detonation by the Rankine-Hugoniot equation and the Chapman-Jouguet stability condition is referred to.

An approach for the calculation of the velocity of detonation of amylose nitrate of different nitrogen contents based on the Hirschfelder approximation gave values ranging from 1930 to 2170 meters per second.

Measured velocities of detonation at low loading densities are strikingly equivalent to the calculated values.

INTRODUCTION

Explosive substances are capable of two different types of violent luminous reactions referred to as deflagration and detonation. Deflagration proceeds at the surface of the grains and propagates from layer to layer with rates measured in millimeters per second. Detonation advances through the explosive with a high velocity, reaching 8000 meters per second. The differentiating feature between deflagration and detonation is that deflagration proceeds under conditions essentially isobaric, while detonation proceeds nonisobarically with a discontinuous pressure rise amounting to as much as 200000 atmospheres. Once the detonation procees has been established, the detonation front propagates with a constant velocity.

In evaluating explosives' performance, the velocity of detonation is of utmost importance. The effectiveness of an explosive does not only depend on its energy content, but it depends in large part upon the rate at which this energy is released.

REFERENCES

1. Hall, H. P., "An investigation of steady flow toward a gravity well", La houille blanche, Vol. 10, pp. 8-35, 1955.
2. Kirkham, D., "Pressure and stream line distribution in water-logged land overlying an impervious layer", Soil Sc. Soc. Am. Proc. Vol. 5, pp. 65-68, 1940.
3. Muskat, M., "The flow of homogeneous fluids through porous media", Ann Arbor, Michigan, 1946.
4. Shahin, M., "Tile drainage of irrigated lands in Egypt", Thesis submitted to Cairo University for the degree of Ph. D. in irrigation engineering, Cairo, Egypt, 1959.
5. Stallmann, R. W., "Use of numerical methods for analyzing data on ground water levels", I.U.G.G., International Association of Scientific Hydrology, Darcy's Symposium, France, Dijon, Vol. 2, pp. 227-231, 1956.
6. Tan, E. K., "Stability of soil slopes", Trans. ASCE, Vol. 113, paper nr. 2332, pp. 139-158, 1948.
7. Todd, D. K., "Laboratory research with ground water models", I.U.G.G., International Association of Scientific Hydrology, Darcy's Symposium, France, Dijon, Vol. 2, pp. 199-204, 1956.
8. Zeller, J., 'Comparison de l'efficacité des drains et des tranchées à l'aide d'essais sur modèle', I.U.G.G., International Association of Scientific Hydrology, Proc. Assembly General, Rome, Vol. 2, pp. 478-493, 1954.

(see Fig. 7), a particular problem may be defined by the values of any three independent ratios. In the present case, the variables were grouped into the ratios R/r_o, H/r_o and $h_o H$. Of these three, the value of the first was $R/r_o = 16$ for all tests. The second ratio, H/r_o, was held constant at a value of about 10 by maintaining a constant water level in the entrance standpipe. The third ratio, h_o/H, was set at a different value for each test within a series by adjustment of the water level in the discharge standpipe. The entire possible range, from 0 to 1, was covered in the tests.

The phreatic line in each case was determined by locating the intersection of each equipotential line and the corresponding level of elevation, and drawing a curve through the resulting series of points. The flow lines were obtained by photographing the paths followed by streams of bluing injected at a number of points. The upper boundary of the capillary ayer was ocated from direct observation.

cmparisons between test data and results obtained from the application of both the modified relaxation method by Yang and the Dupuit-Theim formula are plotted graphically as shown in Fig. 8. From these graphs it is apparent that the Dupuit-Theim curve is an approximation to the head distribution along the base. The phreatic lines determined by relaxation as well as empirical formula developed by Hall, H.P. agreed quite wel with that obtaineld from the model research.

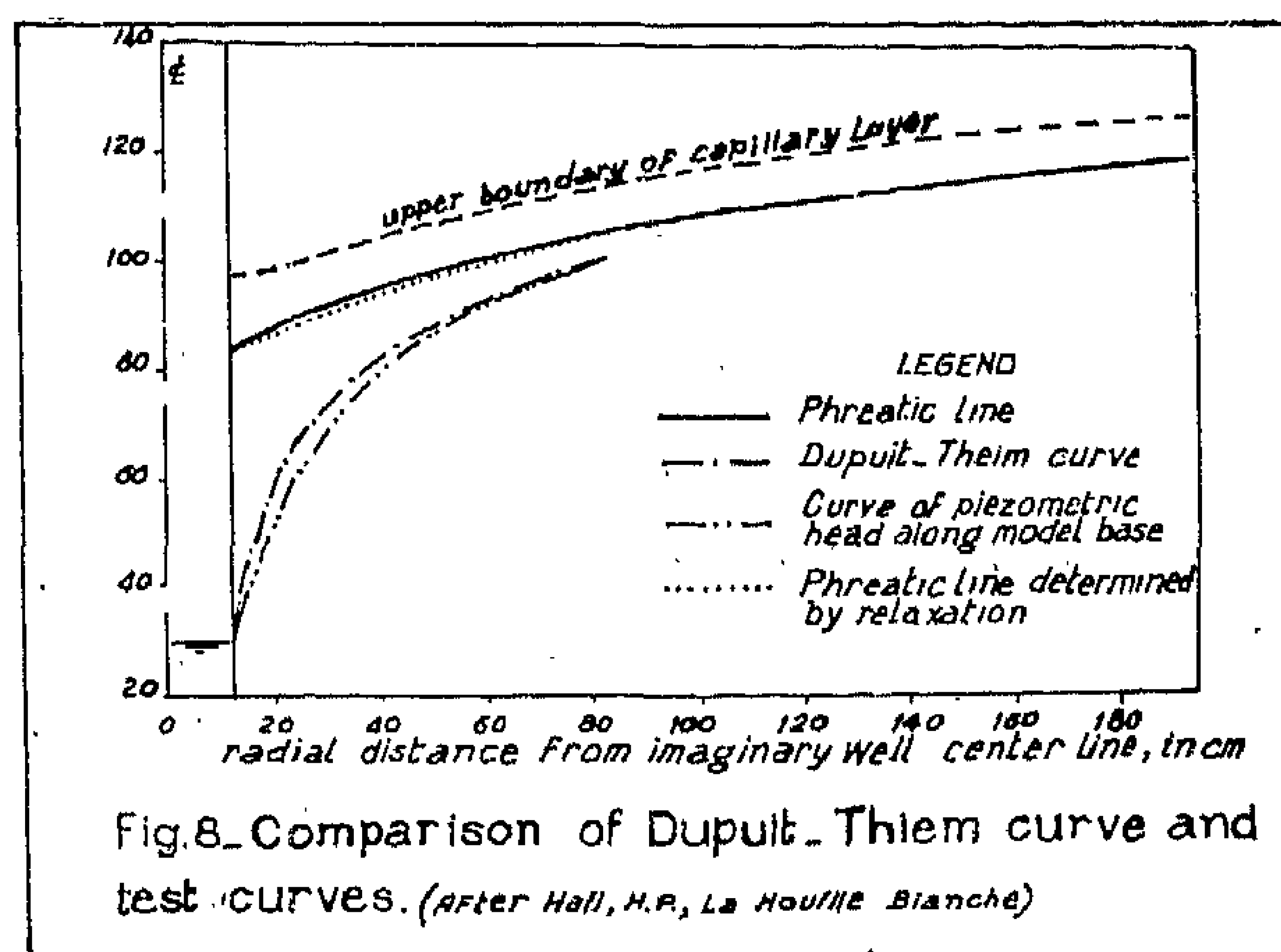


Fig. 8_Comparison of Dupuit-Thiem curve and test curves. (After Hall, H.P., La Houille Blanche)

CONCLUSIONS

In view of their true imitation to the nature, sand-models have been and are still applied intensively to investigate ground-water flow problems.

1. Sand-models can be applied to three-dimensional flow problems. In such problems the aquifers investigated may be either unconfined or semi-confined, homogeneous or heterogeneous, isotropic or anisotropic.

2. In a sand-model it is possible to study the flow in the capillary zone. The difficulty of the disproportionate rise of the capillary fringe to the total height of the model can be overcome either by covering the top boundary of the flow field by a coarse-textured material or by using a fluid of low surface tension property as the flowing fluid.

3. In a sand-model it is possible to introduce the conditions of surface water, rate of precipitation, discharge and filtration velocity. Also confined as well as unconfined aquifers can be investigated. Aquifer storage can be imitated in a phreatic aquifer but not in a confined. aquifer.

4. Sand-models are characterized by the visibility of flow. A dye material is usually added at chosen points in the aquifer to colour the streamlines.

ficant features are evidently the same, yet, a thorough interpretation of the model observations is urgently needed, preferably in the light of theory whenever it is available.

v.—*Steady flow towards a gravity well* (1).

The chief objective of the model tests was the determination of the steady state pattern of flow towards a gravity well within the region represented by the model. Other objectives included an investigation of the validity of Darcy's law for computing the rate of discharge and the flow pattern, and an investigation of the effects of degree and uniformity of saturation of the sand.

To achieve these objectives a sand model was constructed to represent a 15-degree sector of the region surrounding a fully penetrating gravity well. Fig. 7 is a sketch showing the essential dimensions of the model. It has to be pointed out here that a low value of Θ was desirable in order to justify the use of plane entrance and discharge faces as simpler substitutes for the cylinderical surfaces to be simulated. The ratio $\frac{R}{T_0}$ was chosen 16 : 1 (195.2 : 12.2) so that the vertical entrance face would be a reasonable approximation of the equipotential surface at a corresponding distance from a typical well.

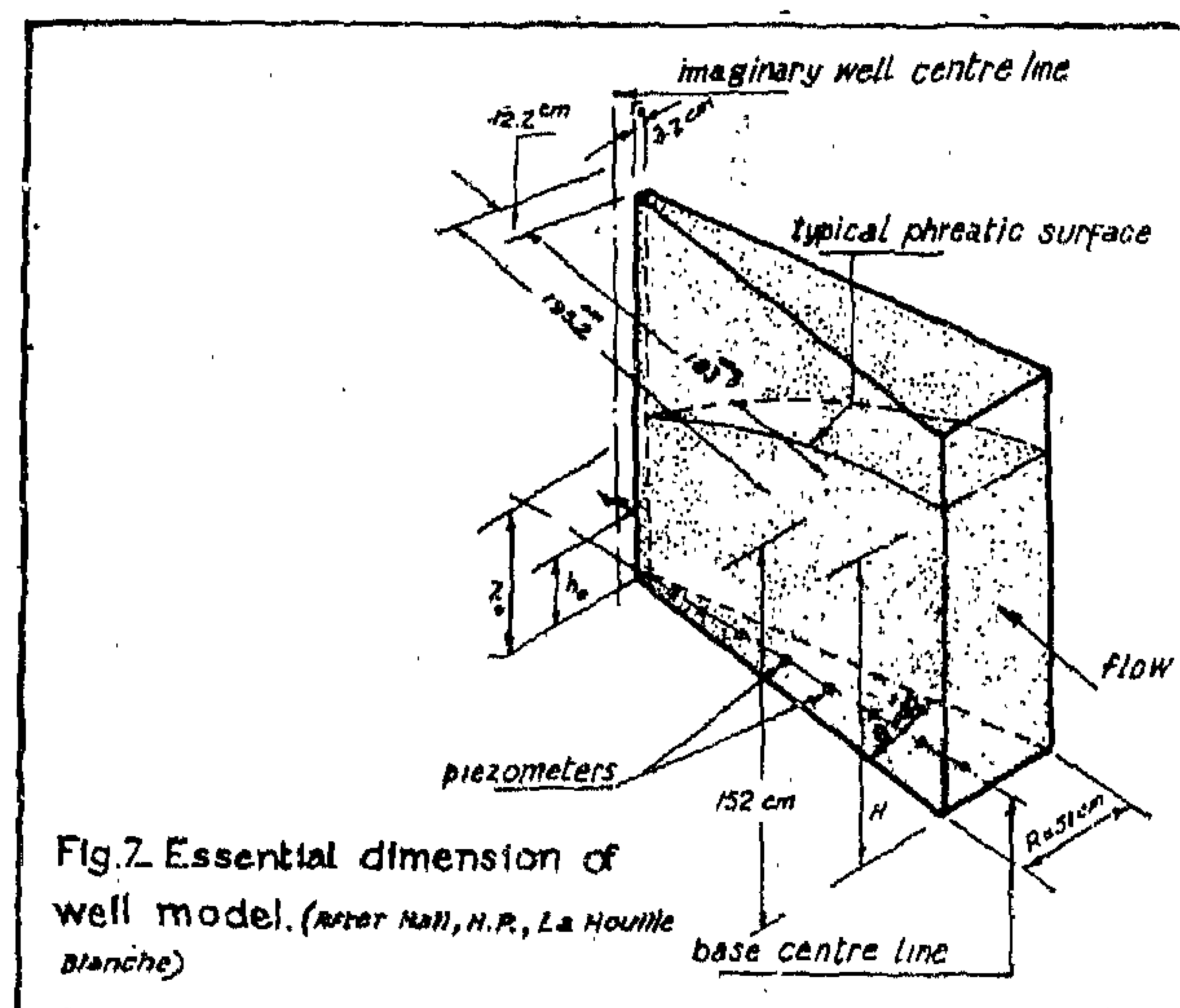


Fig. 7. Essential dimension of well model. (After Hall, H.P., La Houille Blanche)

In general, a relatively large size model was desirable to facilitate observations within a distance of a few radii of the well circumference, and to minimize the importance of capillary action. A special kind of sand was selected as the porous medium for its favourable physical properties as well as its low price. Before filling the model with sand it was first filled with warm water then allowed to cool shortly before any test so as to be deficient in dissolved air when it reached room temperature. After the model had been filled with water, the sand was saturated in small quantities and placed under water.

At the entrance and discharge faces plastic screens were preferred to metal to reduce danger of electrolytic action or rusting. Fluid heights in the aquifer represented by the model were measured from a number of piezometers whilst some of them were connected to the base plate to determine the pressure along the impermeable boundary.

Transparent side-walls were desirable to permit observation of conditions at the free surfaces; and transparent plastic (lucite) was preferred to glass because it is easier to handle and to machine.

To prevent excessive deflection of the lucite side-walls, steel bracing frames were fastened to a base plate at the bottom and to each other across the of the model. The base plate was of steel $\frac{1}{4}$ in in thickness, supported by two heavy wide flange beams and it was considered adequate to prevent excessive deflection.

A closed system of water circulation was desirable in order to hold down the quantity of air which would be introduced during test runs. The circulation system included a pipe leading from the discharge standpipe to a centrifugal pump, thence through a flow-measuring device and back into the entrance reservoir through a porous stone tube intended to reduce turbulent effects.

Since the flow pattern is a function of the four independent variables, R, r_0, H and H

registered on the glass by the displacement of the vertical lamp black lines. These movements were observed after the send had been carefully removed and the glass plate withdrawn.

By means of the model investigation mentioned above coupled with a mathematical treatment of the problem of failure of slope in the plastic state and, by photo-elastic studies using gelatine models a distinctive contribution to the subject of slope stability had been achieved. In spite of the fact that the forces of capillarity, molecular attraction, and pore pressure are much too complicated to be replaced by a simple external pressure yet, any attempt to simulate the cohesion phenomenon in the model sand seemed to be impracticable. Consequently, imitating the cohesion, which is internal force, by what so called equivalent cohesion or external force was the best that could be done.

iv.—*Seepage below impervious dam foundations* (3).

It is of interest to refer to the extensive investigation carried out on sand-models to study the stream pattern of flow of water underneath solid dam foundations with and without sheet piling, and the uplift pressures against these dam foundations dealt with by the Punjab Irrigation Research Institute.

As far as the construction of the models used did not involve any unfamiliar features, they are no longer worthy of description. The traces of the streamlines in the sand under dams were formed by introducing at chosen inlet tap funnels a silver nitrate solution, the seepage fluid being a solution of potassium chromate. The stream flow patterns were photographed, one of the pictures obtained for a dam with a sheet pile at the upstream side is shown in Fig. 5.

From the fact that no stream lines were observed actually to follow the base of the dam as shown in Fig. 5 the first streamline appears to touch the base of the piling in continuing to the downstream side, it is concluded that the sides of the piling and the base of the dam do not represent a streamline. Such a conclusion, however, is fallacious since in any potential flow system an impermeable fixed boundary must necessarily be a streamline. Moreover, the streamlines traced in the experimental model seemed to touch the base of the piling, and did not lie somewhat lower than it was supposed, as a result of the finite dimensions of the model aquifer, the coarseness of the sand used as an aquifer material, and the natural diffusion of the silver nitrate solution used to trace the flow lines. To see that in so far as the experimental models are refined enough as to give details of the motion they do agree with the theoretical analysis of the problem, one need only compare Fig. 5 with Fig. 6 which gives the computed equipotentials and streamlines for exactly the same case—a piling depth equal to half the dam width. Although all the signi-

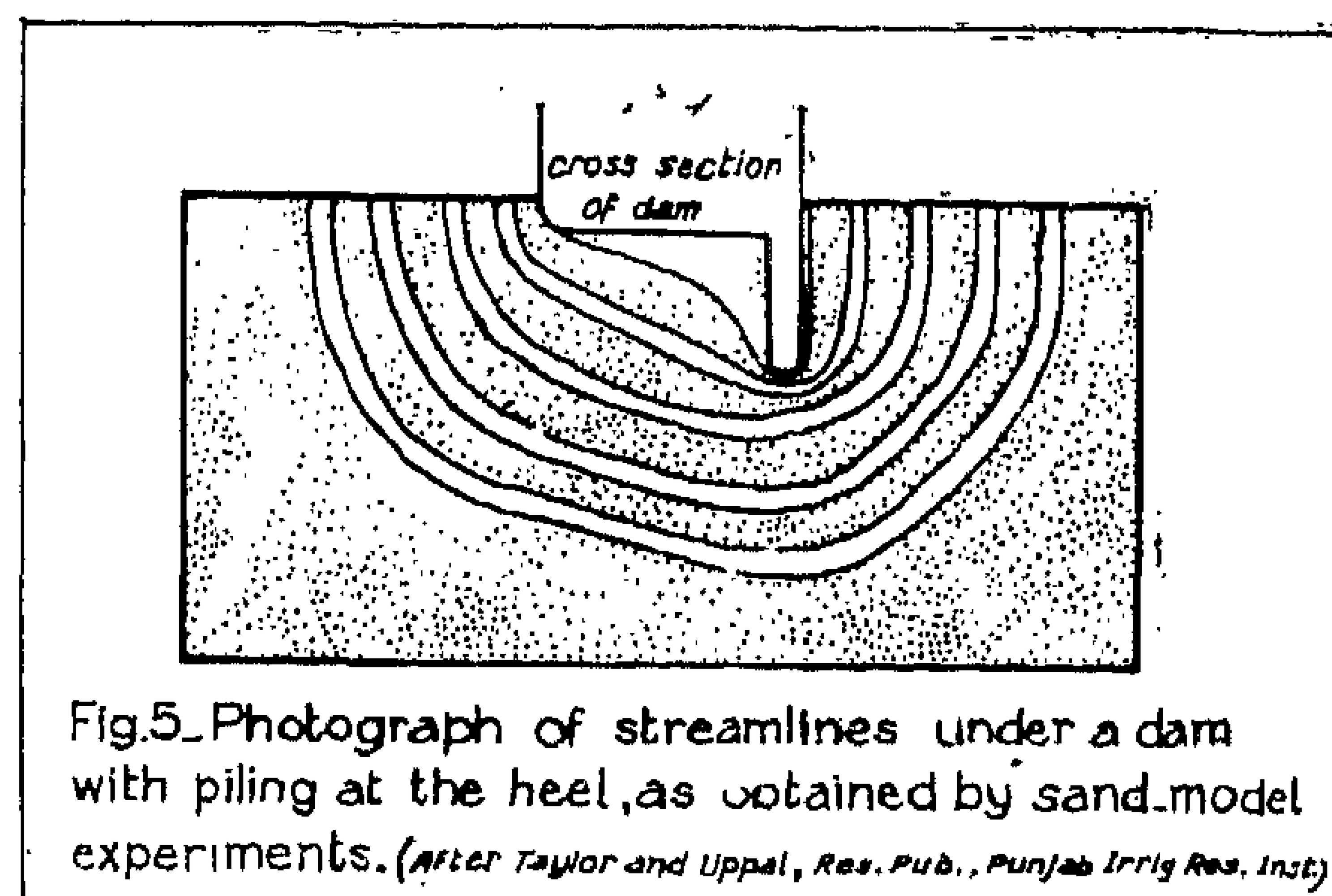


Fig.5_Photograph of streamlines under a dam with piling at the heel, as obtained by sand-model experiments. (After Taylor and Uppal, Res. Pub., Punjab Irrig Res. Inst.)

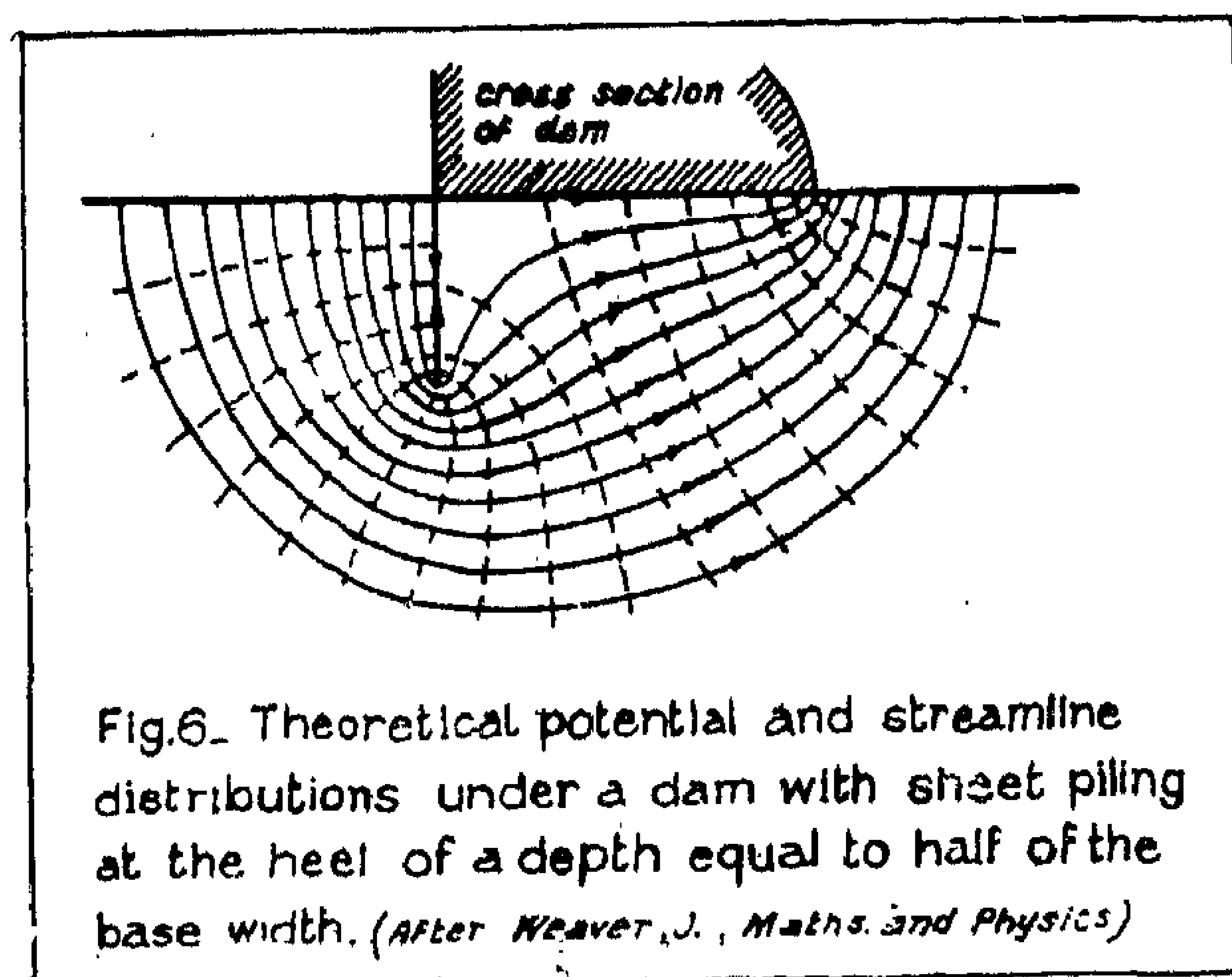


Fig.6_ Theoretical potential and streamline distributions under a dam with sheet piling at the heel of a depth equal to half of the base width. (After Weaver, J., Maths. and Physics)

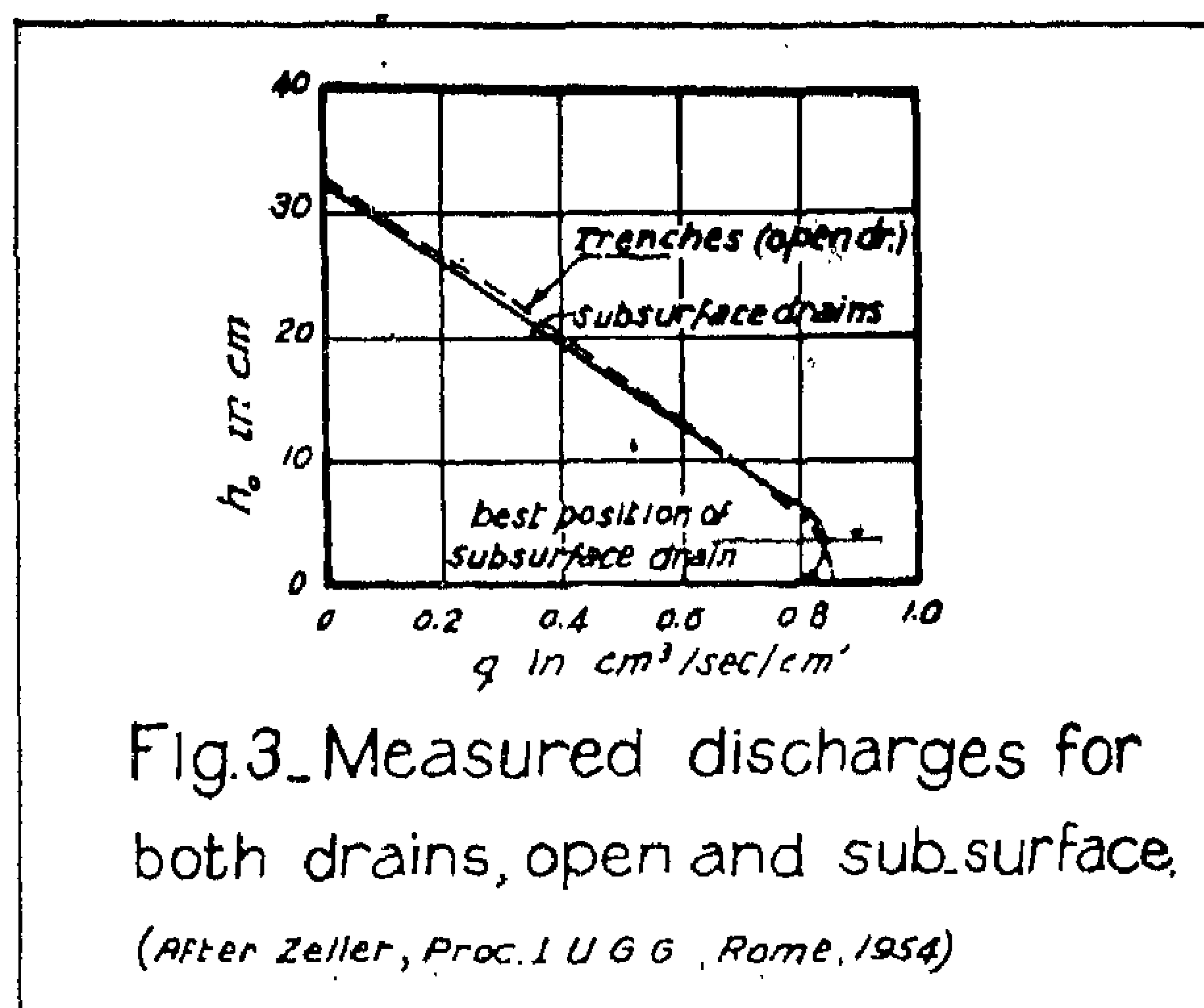


Fig.3_Measured discharges for both drains, open and sub_surface.

(After Zeller, Proc. I U G G , Rome, 1954)

iii.—*Stability of earth slopes* (6).

One of the most important, and at the same time most interesting, problems in the field of soil mechanics is the investigation and analysis of the stability of earth slopes.

By means of the model apparatus shown in Fig. 4 it had been possible to investigate the phenomenon of angle of repose for dry cohesionless soils, the slides of slopes of cohesive soils, and the deformation within a soil slope and the location and form of the rupture surface.

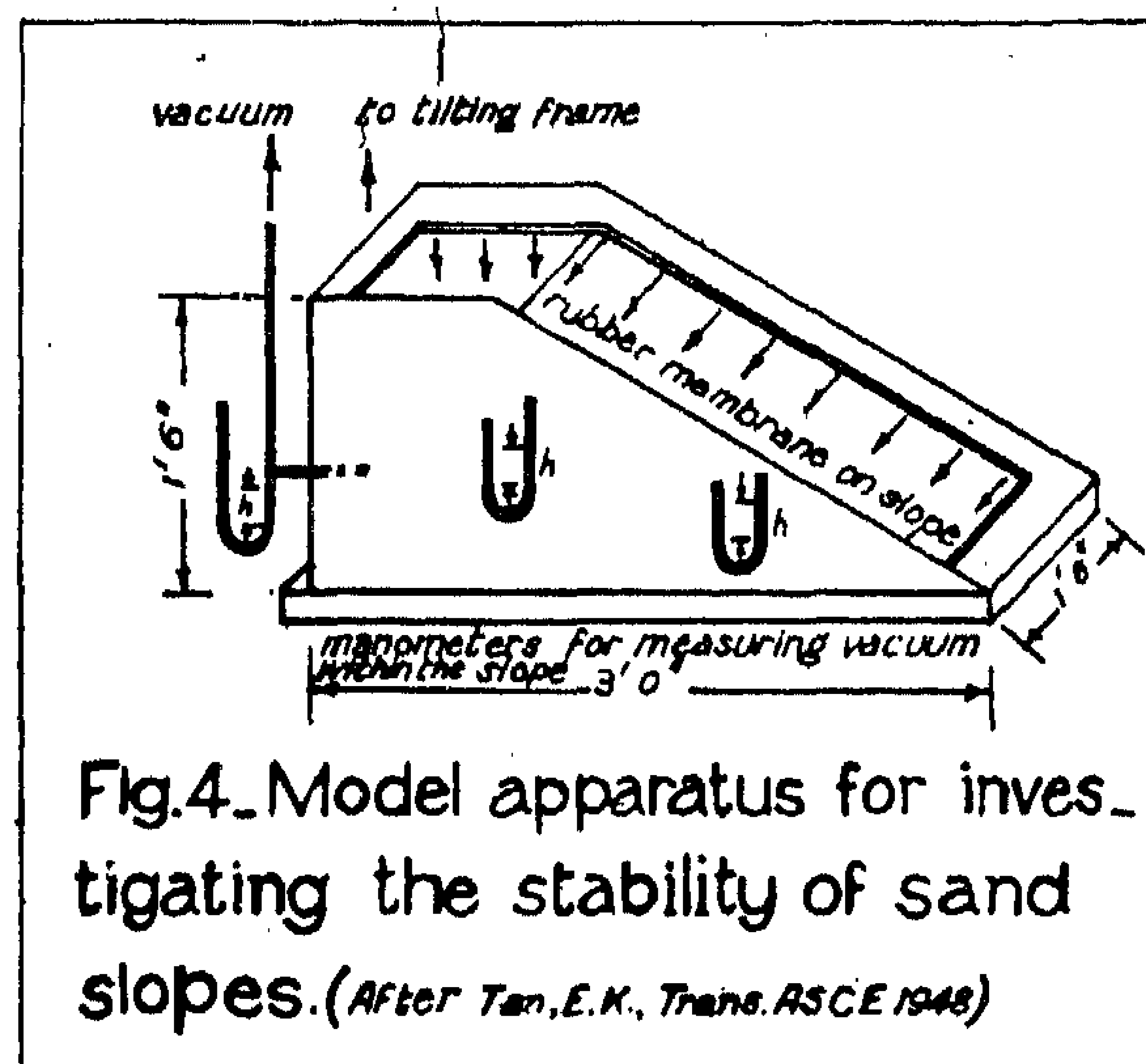


Fig.4_Model apparatus for investigating the stability of sand slopes. (After Tan, E.K., Trans. ASCE 1948)

The model consisted of a galvanized iron box with tight joints and an open end. This box, placed on a firm support, was provided with a device for tilting it to any desired angle. The angle of slope of soil was measured by a clinometer. A "coarse to fine sand" was used throughout the investigation.

According to the usual concept of model analysis there should first be a geometric similarity between the model and the prototype, and th eforces controlling the phenomenon should bear a constant ratio. In view of the fact that any reduction in the particle size will alter the soil properties it was not possible to satisfy these requirements. Gravitational and molecular forces cannot be altered. Furthermore, capillary forces are difficult to control in the laboratory in a reduced-scale model. To overcome this difficulty such that the model would perform in a way similar to that in the nature, a special technique was developed in the model in order to reproduce a slide phenomenon similar to slides observed in nature. In this technique the natural internal system of forces which are the source of natural cohesion in a soil were replaced by a uniform system of external force. The equivalent cohesion ii the model soil slope was obtained by covering the cohesionless sand slope by a rubber membrane. This was stretched loosely over the slope but was tightly clamped to the sides of the apparatus so that the air in the soil mass could be evacuated. The soil was thus subjected to a uniform external pressure which could be maintained constant and be easily controlled or varied at will.

Moreover, a procedure was devised to obtain a record of the deformation within the soil slopes, and the locations and forms of the rupture surface. A piece of glass which was cut to the shape of the sand slope and carefully ruled with vertical lines with lampblack and oil, about 1/16 in. wide, was placed within the soil mass. After the glass had been placed against the side of the apparatus, the sand was carefully deposited against it, and the slope was formed as before. When any deformation or sliding occurred within the soil mass, the movement of the sand was

were cylinderical and made of monel 80-mesh wire. One end of a drain touched the plate glass front of the tank ; the other end passed through the back of the tank so that the draining water left the tank at atmospheric pressure. The streamline patterns were photographed for a permanent record, a special filter being used to intensify the colouring solution.

The patterns of flow, thus obtained were emphasized later on by the findings from an extensive theoretical analysis of the problem. Both agreed closely as can be seen from Fig. 1. Accordingly, the results obtained from this experimental work have helped in bringing forward the reasonable concept that can be hold concerning the flow of water in soils toard tile drains.

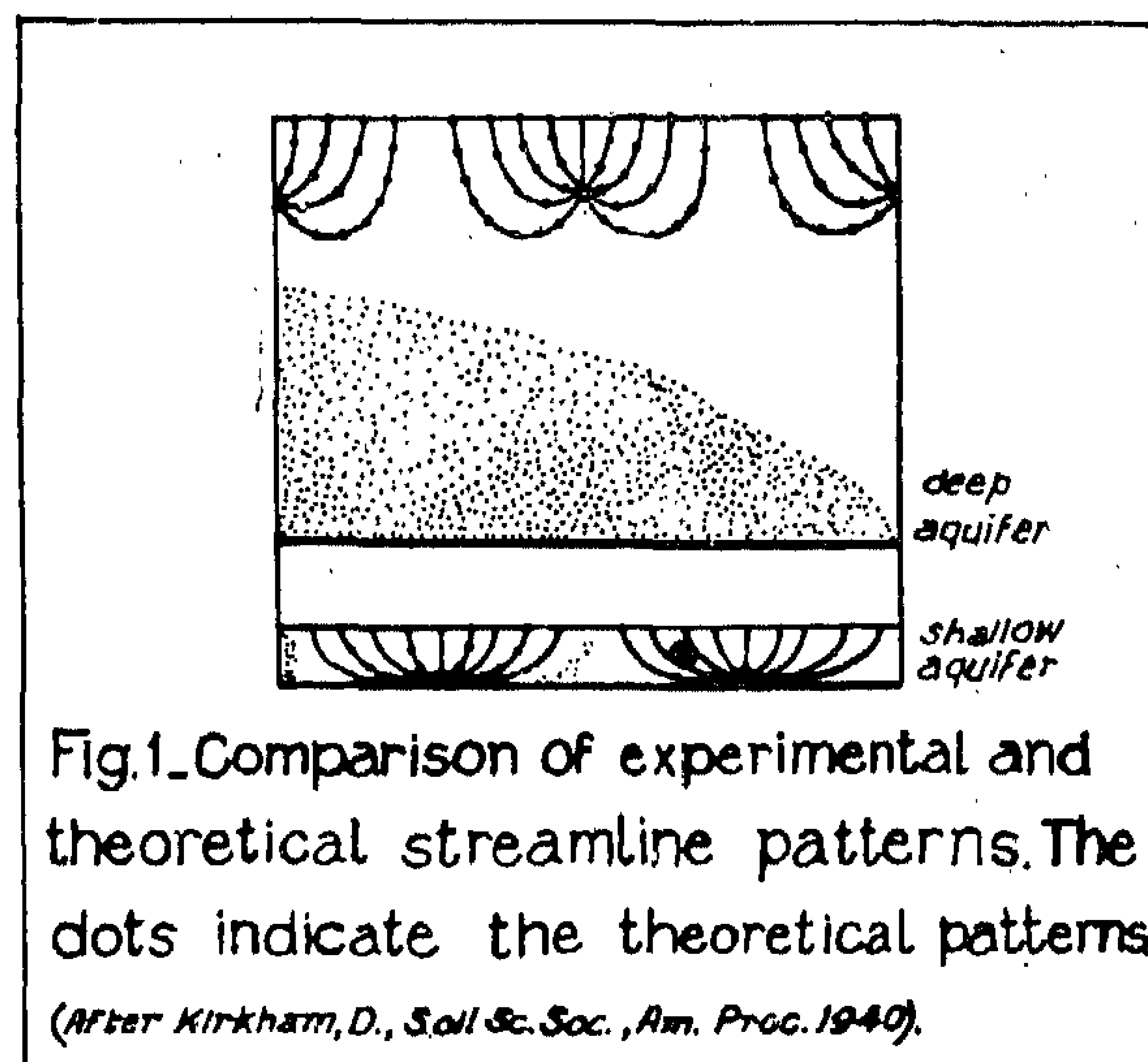


Fig. 1_Comparison of experimental and theoretical streamline patterns. The dots indicate the theoretical patterns (After Kirkham, D., Soil Sc. Soc., Am. Proc. 1940).

ii.—*Depth-discharge relation for surface and subsurface drains*[8].

In order to observe the free surface of water flowing towards both surface and subsurface drains and to establish a depth-discharge relation for such case of flow, experiments were carried on a sand-model.

The model was simply a container full of sand provided with a glass plate front. The porous medium occupied a volume of 56 × 36 × 22 cm. and consisted of round sand (quartz) particles of uniform diameter varying from 2.5 to 3.0 mm. having an average porosity from 38 to 40 %.

The aquifer was automatically and continuously fed with a fluid by means of the regulated flow circuit shown in Fig. 2. The inflow and outflow ends of the aquifer were connected each to an overflow vessel which might be adjusted vertically. The viscous fluid used being the industrial glycerine, a laminar state of flow obeying Darcy's law was assured. The fluid had such small a capillary rise that the thickness of the fringe overlying the free surface was maintained with the least influence on the experiments.

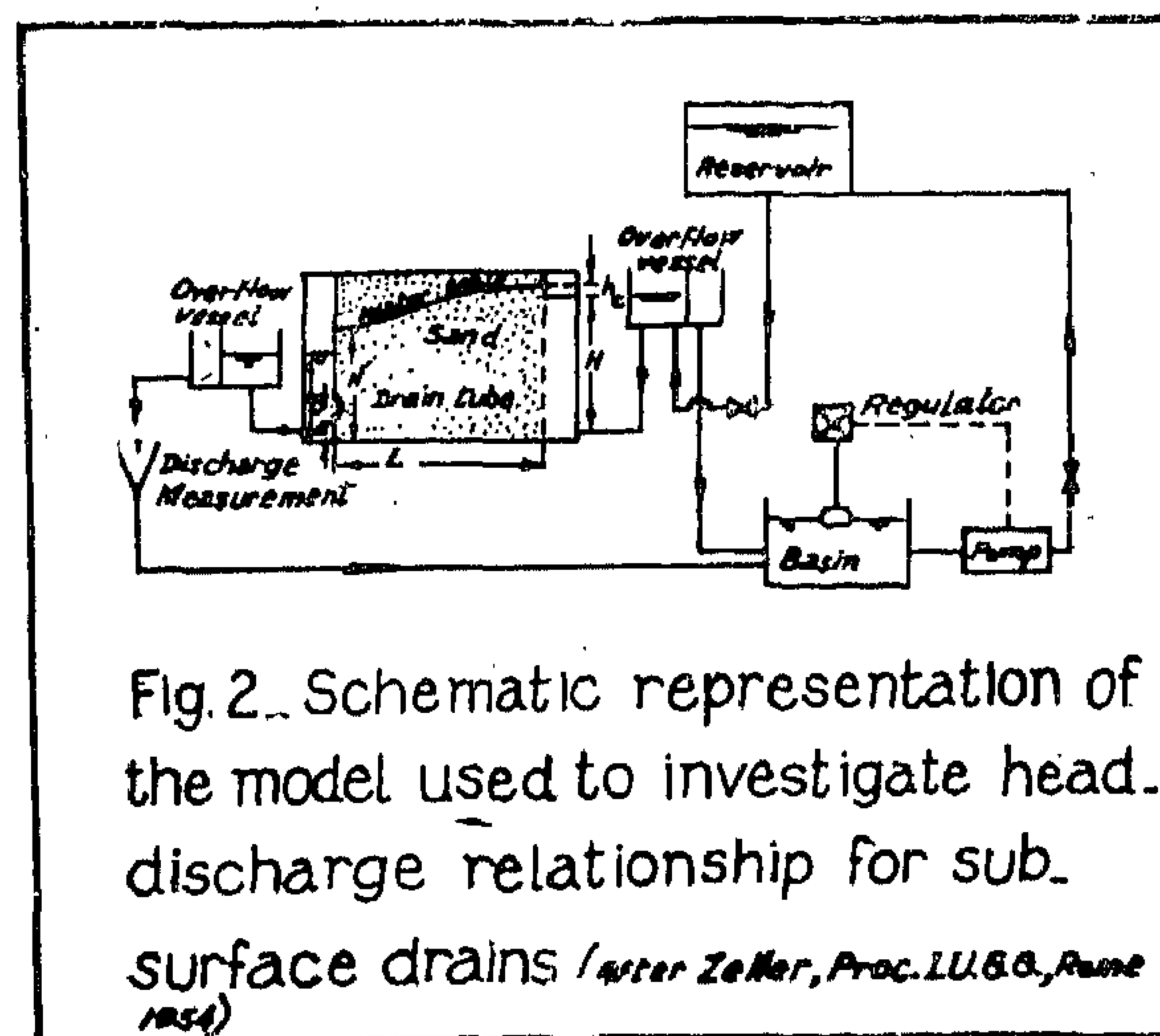


Fig. 2_Schematic representation of the model used to investigate head-discharge relationship for sub-surface drains (After Zeller, Proc. I.U.G.G., Rome 1954)

The drain tube was imitated in the model by a hole 1.1 cm in diameter situated at the down-stream end of the aquifer while as its position above the impermeable bed was changed will.

One of the interesting conclusion drawn from this work was the h_o versus q diagram for surface and sub-surface drains. This diagram which is shown in Fig. 3 indicates that the best position of the drain tube is somewhere higher than the impermeable bed and not just above it. This finding was later emphasized by the writer from an analytic treatment of the problem in a previous work (4).

(a) models based on the analogy with heat transfer,

(b) models based on the analogy with flow of electricity in conductinf materials,

(c) models based on the analogy with deflection of elastic membranes.

(d) models based on the analogy with viscous flow of fluids in narrow channels.

Apart from these four types, models can be based on the principle of magnetism or they can be formed of containers filled with either glass or lead shot and for which the flowing fluid may be any fluid as well as water.

SAND-MODEL SCALES [7]

In the previous paragraphs it has been pointed out that in a sand model, the fluid, which is usually water, flows in a real porous medium. Accordingly, kinematic and dynamatic similarly should exist between the model and the prototype. Geometric similarity or length scale can be defined by the prototype-model length ratio or,

$$N_L = \frac{L}{L_m} \quad \dots \dots \dots \dots \quad (4)$$

where N_L is the length scale, and the subscript m refers to the model.

Because Darcy's law applies to both model and prototype, the velocity scale

$$N_v = \frac{V}{V_m} = \frac{K \cdot I}{K_m \cdot I_m} \dots \dots \dots \quad (5)$$

where,

N_v = velocity scale,

V, V_m = velocity of flow in the prototype and model, respectively,

k = coefficient of permeability,

and I = hydraulic gradient

With similar slopes, the velocity in the model can be given by

$$U_m = \frac{V}{N_k} \quad \dots \dots \dots \dots \quad (6a)$$

and the rate of flow in the model by

$$Q_m = \frac{Q}{N_k \cdot N_L^2} \quad \dots \dots \dots \quad (6b)$$

where

N_k = permeability scale,

and Q and Q_m = rate of flow in the prototype and model respectively.

APPLICATIONS

i.—*Flow pattern toward tile-drains in a water-logged area* [2].

A thorough understanding of the hydrodynamical process of water flow toward tile drains is one of the essentials to solve the problems a drainage engineer often meets in his field.

Thus, the aim of this investigation was to demonstrate the streamline flow pattern toward tile-drains, the variables being the distance between the drains and their depth. For this purpose, experiments were carried out on model sand tanks ($29 \times 20 \times 2\frac{1}{2}$ in, $29 \times 5 \times 2\frac{1}{2}$ in) representing several field sections. Fine sand was used, having been carefully sifted for homogeneity. The sides of the tank were streamlines ; the bottom was the impervious layer. The front of the tank was of plate glass and near the top of the tank at the sand surface inlets for colouring matter, which was dilute potassium dichromate solution, were placed. This made it possible to colour the particles of water originating at any one point at the surface of the sand, so that they could be followed as they flow into the drains.

Potassium dichromate was used because, unlike many other colouring materials, it can be readily washed from the sand. The drains

where v_x, v_y and v_z are the velocity components along the x, y and z directions respectively and k is the coefficient of permeability.

In a two-dimensional flow system eq. (1) can be reduced to

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

Accordingly, the general problem of the steady-state flow of fluids through porous media may be reduced to the solution of Laplace's equation with appropriate boundary conditions. Unfortunately, the available analytic methods give solutions to only a limited number of hydrodynamical problems of practical interest to the engineer. One cannot, of course, hope to find solutions in analytic form for all practical problems that might arise. Consequently, it becomes imperative to find out other modes of attack which can be applied to such problems when one cannot find strictly analytic solutions.

Some other methods based upon successive approximation have, therefore, been developed aiming at deriving sequences of analytic functions which in their limit approach the potential function satisfying the prescribed boundary conditions (5)*. These methods, methods, however, often fail in the treatment of specific problems.

A different type of procedure for deriving a solution to Laplace's equation corresponding to a definite physical flow problem is that of the graphical integration of the equation. As can be seen from the texts on hydrodynamics of flow through porous media, the solution to Laplace's equation for a two-dimensional steady flow problem can be plotted graphically in the form of a network of two families of orthogonal lines. One family or set of curves represents the lines of equal potential while the other set represents the flow lines. The network formed by the two sets of lines is known as the flow net. Thus, for a number of problems it becomes possible, through the construction of flow nets by trial and error, to obtain successively closer approximations to the exact solution.

Once more, the general problem of the steady-state flow of fluids through porous media may be reduced to the solution of Laplace's equation with appropriate boundary conditions.

Fortunately, this equation is well known in other branches of physics, electricity, elasticity of bodies..., etc. Accordingly, the general method of solution and in some cases even the explicit solutons themselves for a number of flow problems of practical interest may be taken over from those that have already been derived for other purposes in other branches of physics by simply bringing them back into their proper hydrodynamic equivalents. Moreover, there are some problems dealt with in the classical hydrodynamics as the flow of viscous fluids which are also governed by Laplace's equation.

The analogy between the viscous flow of fluids in porous media and other phenomenas as heat transfer and the flow of electricitf in conducting material has, thus, afforded a very useful method of obtaining solutions to specific flow problems. In this method use is made of experimental models representing the flow systems to be studied.

As a matter of fact sand-model experiments have preceded other types of model investigations based on the principe of analogy. Yet, this type of model experiments are really nothing more than small-scale reproductions of the actual flow systems.

The hydraulic models used in investigating ground water flow problems may thus be classified into two groups : namely, sand-models in which the flow takes place in a real porous medium, and models based on the principle of analogy between viscous flow of fluids in porous media and other analogous phenomena. The latter may be classified into the following types :

*Figures in parentheses refer to the literature cited at the end of the paper.

INVESTIGATION OF GROUND-WATER FLOW PROBLEMS BY MEANS OF SAND-MODELS

by

Dr. MAMDOUH SHAHIN
Lecturer, Irrigation & Hydraulics Dept.
Faculty of Engineering, Cairo University.

SYNOPSIS

It is well known that problems appertaining to ground-water flow may be solved either analytically or experimentally, or both combined together.

The theoretical methods involve the rigorous mathematical analyses of the flow systems, the approximate analyses based on iteration, and also the graphical procedure. In spite of the rapid and successful development of these methods to cope with a greater number of problems, yet, for one reason or another, they fail in tackling many others.

Complete field investigation of a ground-water flow problem is usually a time-consuming operation and in many instances is impeded whenever it is not economically feasible. For all these considerations, it is apparent that the easiest, quickest, and least expensive mode of attack for such a problem is to investigate by means of a reduced-scale model.

Needless to say, the construction of any model, its scales, and operation should all be based on a solid theoretical basis. The boundary conditions and other data pertaining to the prototype must be found out a priori from field observations. Moreover, the interpretation of a model test result is preferably done in the light of the available theories. Nevertheless, moels have been very helpful tools in studying many of the ground-water situations which would otherwise be intractable.

Models are either small scale reproductions of the prototype of based upon principles analogous to that of the flow of fluids in porous media. Of the first type are the sand models. The second type involves moels based on the principles of heat flow in a thermal conduction, flow of electric current in a conducting medium, the deflection of lightweight membranes, and the flow of a viscous fluid in a narrow channel.

In the present paper the sand model type is discussed and a number of study cases are described. For each case mention has been given to the problem studied, the model construction and scales, and the conclusions drawn from the model results.

INTRODUCTION

The steady state of flow of an incompressible fluid in a homogeneous isotropic porous medium may be expressed by the relation

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \quad \ldots \quad (1)$$

Eq. (1) is known as Laplace's equation for three-dimensional flow in which x, y and 7 are the three cordinate axes, φ being a velocity potential such that

$$\left. \begin{aligned} v_x &= -k \frac{\partial \varphi}{\partial x} \\ v_y &= -k \frac{\partial \varphi}{\partial y} \\ v_z &= -k \frac{\partial \varphi}{\partial z} \end{aligned} \right| \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

setting its gain. Although the basic circuit was shown to use d.c., a.c. can be used as well, which can be an advantage in this case, since it simplifies the amplifier design.

What about the meter reading as higher and higher powers are taken of a number, which in effect, place relatively large voltages on the meter causing it to go off scale. This problem can be solved by inserting a suitable "bucking voltage" in series with the meter. The value of this voltage can be determined from the theory of logarithms, and will be found to be equal to the characteristic of the answer times the meter's full-scale voltage.

The following is a list of suggestions for those interested in experimenting further with this idea :

1. Adding more arms to the circuit to handle more parameters.

2. Multiple turn potentiometers for greater accurary.

3. Concentric shaft, dual potentiometers for use on a single calibrated face.

4. Use of logarithmically tapered potentiometers which allow linear scales on face plates.

5. Switching S_3 automatically at full scale.

6. Refinements in the system used for raising numbers to powers, including methods as switching in the bucking voltages.

7. Adapt the input arms to accept time-functions for studies of servo systems, and the ..e, with the output recorded.

the potentiometer and hunting for the null to find the answer. Incidentally, in order to protect the meter, R_3 is kept across the meter while a rough null is sought, and then removed by opening S_1 for the final, more sensitive null. A meter less sensitive than the 50-0-50 microammter specified can be used without too much loss of accuracy.

Powers and Roots

The additional operations of taking powers and roots can be performed using the basic circuits shown in Fig. 4. This is possible by using the relation :

$$\log x^n = \log x$$

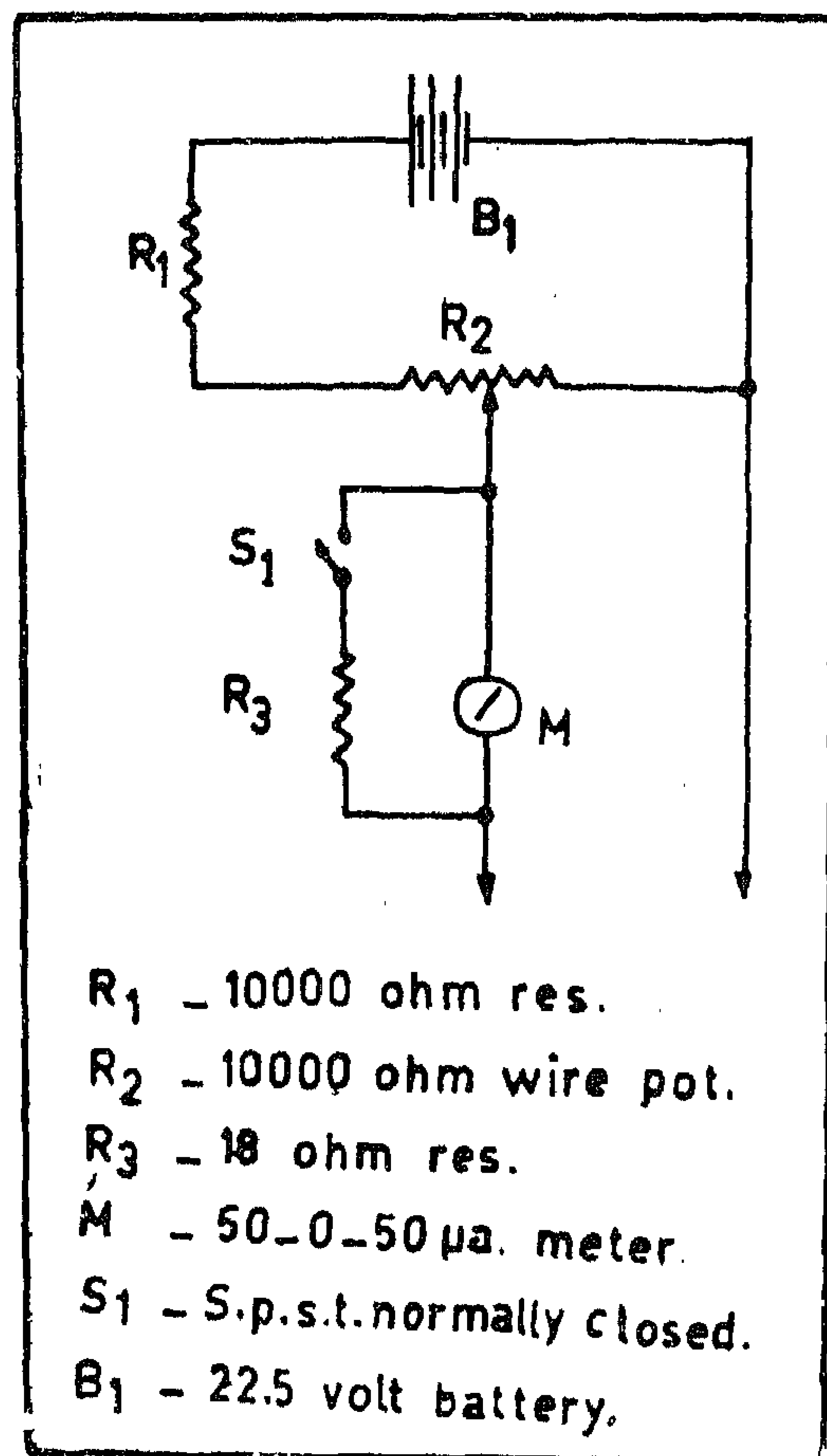


FIG. 3. Circuit diagram of the null-type indicator for use instead of a v.t.v.m

For n less than one, a gain of less than one is required, and a Voltage divider may be used across one arm of the basic circuit, as shown in Fig. 4 A. For example, if R_5 equals R_6, then :

$$n = \frac{R_6}{R_5 + R_6} = \frac{1}{2}$$

This means that the square root will be taken of any number set up on the R_2 dial. A linearly calibrated potentiometer can be substituted for R_5 and R_6 to allow a large choice of fractional values of n.

For raising a number to a power, the amplifier shown in Fig. 4 (B) must have as much

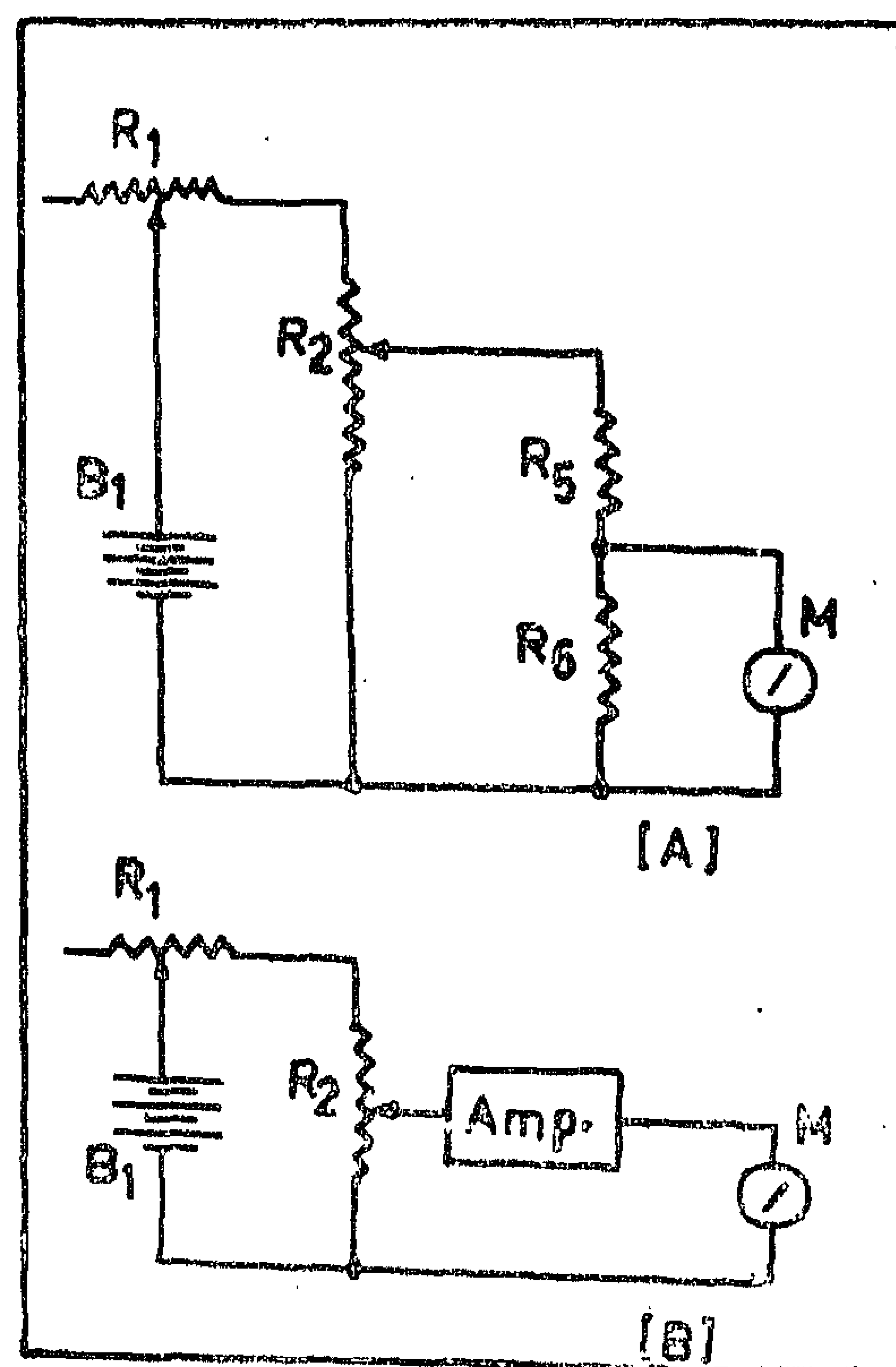


FIG. 4 [A] Basic circuit for taking roots numbers.

[B] Basic circuit for raising numbers to powers.

gain as is predicated by the maximum value of n = 3, Say. The amplifier then must have a gain of at least 3, and it will then be able to raise a number to any power up to 3 by

calibrations are made in per-cent of full scale. An alternate method of calibration would be to mesure R_2 and R_3 with an accurate bridge and then to divide up these resistances logarithmically. The meter, in turn, could then be calibrated from either potentiometer as a standard.

TABLE 1.

Table of values used in calibrating the meter when the 10 volt scale is used. Note that the v.t.v.m. scale values are 10 times the log of new scale values.

V.T.V.M. Reading volts	New Scale
0	1
3.01	2
4.77	3
6.02	4
6.99	5
7.78	6
8.45	7
9.03	8
9.54	9
10.00	10

Example

Now that the calibration has been discussed it is felt that a simple multiplication problem will demonstrac its operation, at the same time pointing out the scale-switch function more precisely. Say the product of 2 times 3 is required. Set the left dial on 2 and the right dial on 3. Voltage will then be 3.01 volts at the left potentiometer and 4.77 volts at th eright potentiometer . The meter will read their sum as 7.78 volts, but since the meter scale is calibrated logarithmically it will indicate the number 6. The procedure would be used for 20 times 3, but of course the user must supply the decimal point just as with the mechanicael slide rule.

Suppose the product of 4 times 6 is needed. Here is a combination that will make the meter go off scale since it will try to read 6.02 plus 7.78, or 13.80 volts. This is where the scale switch comes into play. The switch action is the same as that of the mechanical slide rule when the right hand index on the C scale switch comes into play. The switch action is the same as that of the mechanical slide rule when the right hand index on the C scale (slider) must be used instead of the left one. Simply throw this switch and the meter will read 3.80 volts, or the number 2.4 on the new scale, which is 24 when the decimal is considered. This operation can be expressed by the equation

$$\log x - (1 - \log y) - (\log xy) - 1$$

Substituting the values of 4 ans 6 for x and y gives :

$$0.602 - (1-0.778) = 1.380 - 1 = 0.380$$

Since full scale on the meter is 10, the meter will read 3.80 corresponding to 2.4 (or 24).

The scale switch also functions properly when dividing. No mental effort is required in either case, since the switch is in the correct position when the meter is on scale. One point worth mentioning about the multiply-divide switch is that since right-hand circuit contains this switch, the left-hand dial is the numerator and the right dial is the denominator.

Null Detector

For those who do not have a v.t.v.m. handy and since a high input impedance must be usd to prevent loading, a null-indicator may be constructed as shown in Fig. 3. The dial of the potentiometeris calibrated logarithmically.

This circuit is theoretically superior to the v.t.v.m. since it draws no current when balanced and also its scale can be made larger and ced and also its scale can b emade larger and thus more accurate. However it necessitates the additional action of turning the knob of

Let us say that we wanted to multiply two numbers, x and y. We would adjust R_1 and R_2 so that $E_1 = \log x$ and likewise adjust R_3 and R_4 so that $E_2 = \log y$. The meter would then read log x + log y, or log xy. Since the meter scale is calibrated logarithmically, the meter will indicate the answer directly as xy.

The circuit can be made to divide as well, by merely changing the polarity of one of the batteries so that meter will read the difference between the two voltages.

The practical Circuit ,

The schematic diagram is given in Fig. 2. The values shown were chosen to give an indication on the v.t.v.m. using a convenient scale, 10 volts in this case.

The components are not at all critical. Much lower voltage may be used if desired, depending on the v.t.v.m. used as the indicating instrument. This voltage should be high enough to deflect the meter to full scale. The resistors can have almost any value as long as they are high enough not to draw excessive current from the batteries and low enough so that they are negligibly small compared to the v.t.v.m.'s resistance.

A brief description of the function of each component follows.: Referring to Fig. 2, R_1 and R_4 are used to adjust the voltage across R_2 and R_3 respectively, where R_2 and R_3 represent the two voltage dividers mentioned previously in Fig. 1 S_1 is the power switch. S_2 is the battery polarity reversing switch (for dividing), and S_3 is the scale switch, whose function will be fully explained later. In brief, its function is to keep the meter on-scale.

Calibration

Calibration of the instrument may be accomplished in several ways. The simplest is to use the v.t.v.m. as a standard. However, the accuracy of the unit can be no better than the accuracy of the meter. The procedure is as follows: Referring to Fig. 2, connect the v.t.v.m. to output terminals. Then switch it to the 10 volt scale. Set S_2 to the "multiply" position and set S_3 to position A. Turn R_2 to zero and R_3 to the maximum position. Now adjust R_4 until the meter reads exactly full scale. Then return R_3 to zero. This is the number one on the dial scale, which is being Calibrated, logarithmically. In short, 10 volts has been set up across R_3 and its dial face is ready for calibration.

The calibration process is straight-forward. By the use of Table 1, all the numbers on the linear meter scale are projected to their corresponding antilogs on the new scale. Table 1 shows the values of the common (base 10) logarithms. For greater accuracy, or if smaller increments are desired, consult any table of common logarithms. Having thus caelibrated the meter, set up 10 volts or R_2 as has been explained for R_2. It is now merely necessary to transpose each number of this new meter scale to each of the potentiometers, namely R_2 and R_3. This is done by setting one of them to zero and then bringing the other one up slowly, stopping at each integer to mark the dial plate. After this is done, repeat the process on the other dial plate.

To illustrate more specifically, a couple of calibration points will be demonstrated.

(a) Adjust R_2 to zero, set R_3 until the meter reads log 2 times full scale, or 3.01 volts, and put a mark at this potentiometer setting. This mark will be the number 2 on the dial scale.

(b) Next adjust R_3 until the meter reads log 3 times full scale, or 4.77 volts. This potentiometer position will be the number 3 on the dial.

Repeat this process on up to 10. Having thus calibrated R_3 on the right side of the instrument, set it to zero and set R_2 on the left side to maximum and repeat the calibrations.

It may be pointed out that any meter scale can be used for this instrument, as long as

ELECTRONIC MULTIPLICATION AND DIVISION THE EASY WAY

By

FRANÇOIS F. BEHMANN

CONSTRUCTION DETAILS ON A SIMPLE DEVICE WHICH WILL MULTIPLY OR DIVIDE TWO NUMBERS USING MECHANICAL SLIDE-RULE PRINCIPLES.

The electronic device discussed multiplies or divides two numbers by using the same principle as that of the common mechanical slide rule. This principle can be stated by the following two equations:

$$\log x + \log y = \log xy$$
$$\log x - \log y = \log x/y$$

Thus, if we add the logarithms of two numbers and take the antilog of the sum, we will have product of the numbers. On the other hand, subtracting the logarithms of the two numbers and taking the antilog of this difference, yields the quotient.

This process is accomplished electrically by means of two linear potentiometers and a v.t.v.m. whose scales have been calibrated logarithmically. Although the potentiometers used for the first model only yielded about 10 inches of scale expansion, multiple turn potentiometers can be used which would yield the equivalent of a slide rule several feet long.

How It Works :

The basic circuit is shown in Fig. 1. It can be seen that the meter will read the sum of E_1 and E_2,

Where

$$E_1 = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] B_1$$

and

$$E_2 = \left[\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right] B_2$$

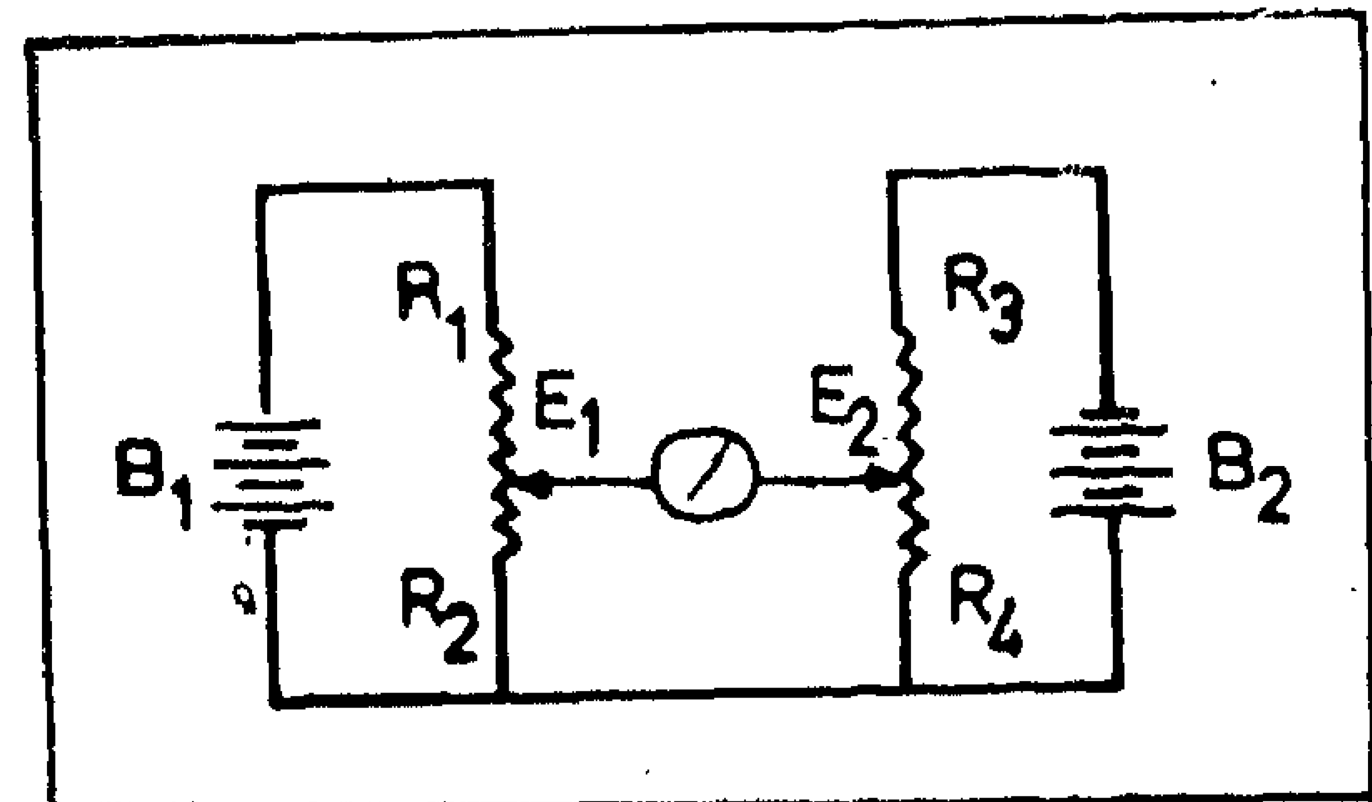


Fig.1. The basic circuit.

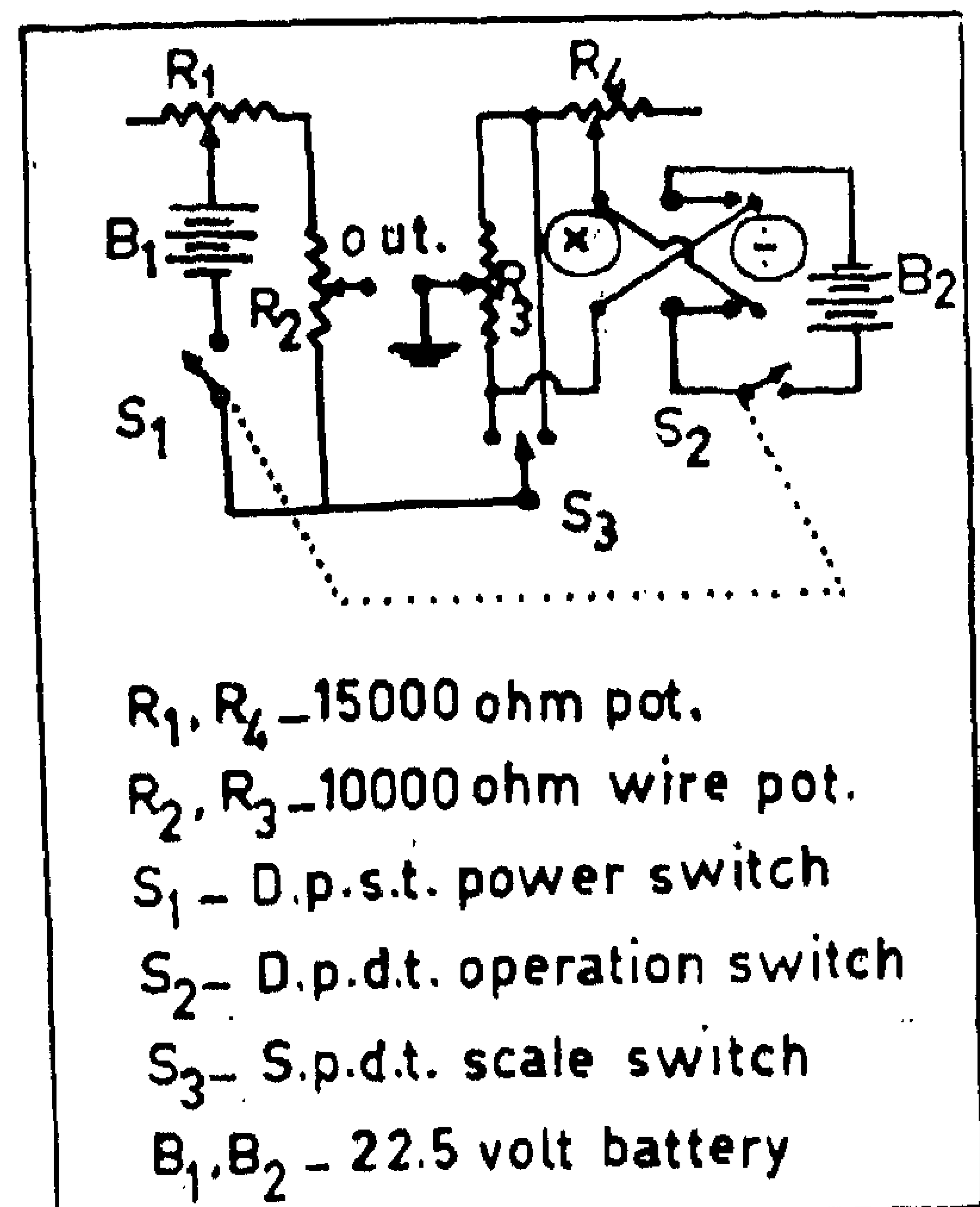


Fig.2. Schematic diagram

The experimental investigations in the Telex Exchange of Munich show that the mean holding time of a teleprinter call is about 2.5 min. The number of repetition is about 100 % of the successful calls. As about 2.5 min. The number of repetitions is already mentioned these repetitions or unsuccessful dialing trails are of very short holding time and therefore contribute very little to the value of the offered teleprinter traffic. The mean holding time in case of teleprinter traffic will be

$$t_m = \frac{t_s + t_r}{2}$$

where

t_s = mean value of a successful teleprinter call

= 150 sec.

t_r = mean value of a repetition call 4 to 8 sec.

Since (t_s) is too much bigger than (t_r), the mean holding time for the whole offerent traffic can be considered as half of the duration a successful teleprinter call.

$$t_m = \frac{t_s}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ sec.}$$

about 4000 calls have been measured during the investigations for the repetitions and mean holding time.

The following investigations deal with the distribution function for the holding time, in order to find out, if this holding time would have an expontial distribution,

$$G(t) = e^{-t/Ttm}$$

For this purpose the same graphical method will be used as in the case of call intervals.

Using the list of the holding time, a table is made, where for each holding time the sum per cent is written. The relation between holding time and cumulative sum percent is obtained log paper in the form of a straight line, whose slope is $1/t_m$.

TABLE FOR HOLDING TIME

Telex Exchange for Munich — Full availability with 7 line, outgoing traffic.

t_x (sec)	M_x	M_x %
0	193	100
60	82	41
90	50	25
102	42	21
200	14	7
318	3	1,5

Through the graphical representation we get a straight line having a stop = 1/75.

Mean Holding – time to = 75 seconds.

Distribution function for the holding time

$$G(1) = e^{-T/75}$$

5.4 *Lost calls and influence of repetitions*

All calls are traced on the recording wax-paper of the Maihak apparatus. After measurement the calls are counted. Accordingly, the loss can be found and statistically evaluated. Let Co be the number of the lost calls, and C the number of the successful ones. The loss of the full availability group will be

$$B = \frac{Co}{Co + C}$$

The measured losses are more than in case of normal telephone traffic, which is due to the accumulation phenomena in teleprinter traffic.

An important phenomena that contributes to the accumulation affect in teleprinter traffic are the repetitions or the dialing trials that do not lead to a successful connection between subscribers. These consist of very short calls and therefore represent only a very small portion of the teleprinter offer.

The holding time of an unsuccessful dialing trail depends on the switching stage where no free outlet could be found. This will reach a maximum value in case the called subscriber is found to be busy or in case of a false connection. The flow of repetitions will be recorded on the recording wax paper of the Maihak apparatus and its effect on the switching of the whole teleprinter traffic will be considered.

The receptions play a great part in the switching of teleprinter traffic, since it is to be taken in consideration that the telex subscriber repeats his dialing trails in case of busy calls. In all of the experimental investigations the number of repetitions or unsuccessful dialing trails is about 100 % of the successful calls. This fact is ascertained by the measurements of the German Federal Post Office.

Although the repetitions have only a negligible influence on the value of the offer, they set the switching equipment and transmission lines for repeated short periods into operation, in which case more lost calls may take place.

For a switching group the switched repetitions represent an additional load, which is practically of no value. The experimental investigations show that the repetitions increase the accumulation phenomena in the automatic switching of teleprinter traffic, and influence the form of the distribution function of the call intervals and the mean value of the holding time considerably.

5.5 *The Mean Holding Time*

The holding time will be investigated by means of the experiments using the Maihak recording apparatus. The recorded calls are measured in mm, multiplied with the time scale 1 mm = 2 sec.), and written down in the form of a list.

Many series of measurements are then examined statistically by means of the sampling method, so as to get the true mean holding time (tm) within certain reiable limits for a given statistical certainty. For this purpose an exponential distribution for the holding time will be assumed.

According to the sampling method, the reliable limits of the true value of the holding time for a given statistical certainty depends solely on the number of the measured calls. With 0,95 statistical certainty 1500 calls are to be measured in order to get the true mean holding time in the reliable limit 95-105 %.

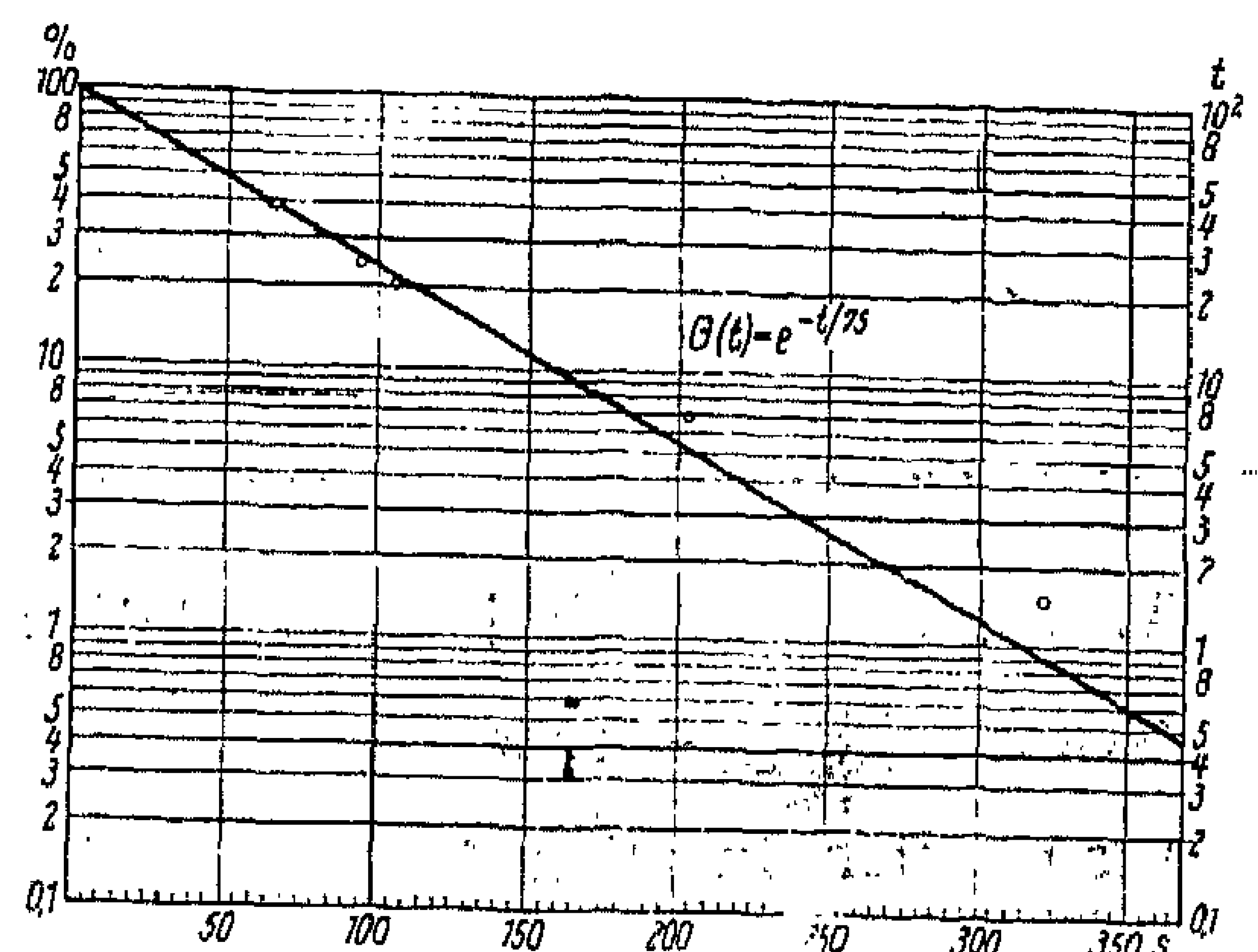


FIGURE 7.—Distribution function for the holding time.

5.3 *The Distribution function for call intervals in Automatic Telex Exchange.*

The Maihak recording apparatus is connected to a full availability group, one tracing system to each line. The busy case counter is connected to the last line of the group. On the wax paper of the recording apparatus the time distribution of all successful calls as well as of the busy calls is recorded. Through this time distribution the whole offer will be obtained. In the flowing step the distribution function of the call intervals will be obtained by means of a graphical method. Parallel to the straight lines which represent the calls on the recording paper a reference line is drawn which represents the time axis. By projecting the beginning of each call on the time axis we obtain the required distribution of the call intervals.

This method can be carried out in practice by using a drawing table. The recording paper will be horizontally fixed on the table. Since the wax-coated recording paper is very sensitive, it is recommended to cover it first with this transparant paper. The time axis will be parallel to the recorded calls. By means of this arrangement the beginnings of all calls during the busy hour including the lost calls, can be projected on the time axis (loaded axis). Multiplying these intervals with the time scale (1 mm = 2 sec.) we get these in seconds. The call intervals are then written in the form of a list.

In order to find out if the distribution of the call intervals corresponds to an accumulative distribution defined by

$$F(T) = \lambda_1 e^{-T/a_1} + \lambda_2 e^{-T/a_2}$$

a graphical metho dwill be used. This method provides first of all a criterium to examine the possibility of a random distribution for the call intervals

$$F(T) = e^{-T/a_m}$$

Since on logarithmic paper no straight line can fit through the points, a random distribution can not be accepted.

A curve will be filted through the points which correspond to an accumulation distribution mentioned above.

By means of the experimental investigations of the distribution function for call intervals, it has been established that the accumulation factor in cases of $\lambda_1 = 0.1$ and $\lambda_2 = 0.9$ is independent of the offer and tends in the limit to the value H = 1.5. This corresponds to the ratio $a_1 = 4{,}5\ a_2$, in which case the share of the second partial collective in a_m is twice that of the first partial collective.

This allows to calculate a_1 and a_2 directly from a_m.

$$a_m = \lambda_1 \ a_1 + \lambda_2 \ a_2$$
$$= 0{,}1\ a_1 + 0{,}9\ a_2$$
$$= 0{,}1\ a_1 + 0{,}9\ \frac{a_1}{4{,}5}$$
$$= 0{,}1\ a_1 + 0{,}2\ a_1$$

This yields

$$a_1 = \frac{10}{3} a_m$$
$$a_2 = \frac{20}{27} a_m$$

Using these results we succeed to represent the distribution function for call intervals in case of teleprinter traffic in a standard form :

$$F(T) = 0{,}1\ e^{-\frac{3}{10} T/a_m} + 0{,}9\ e^{-\frac{27}{20} T/a_m}$$

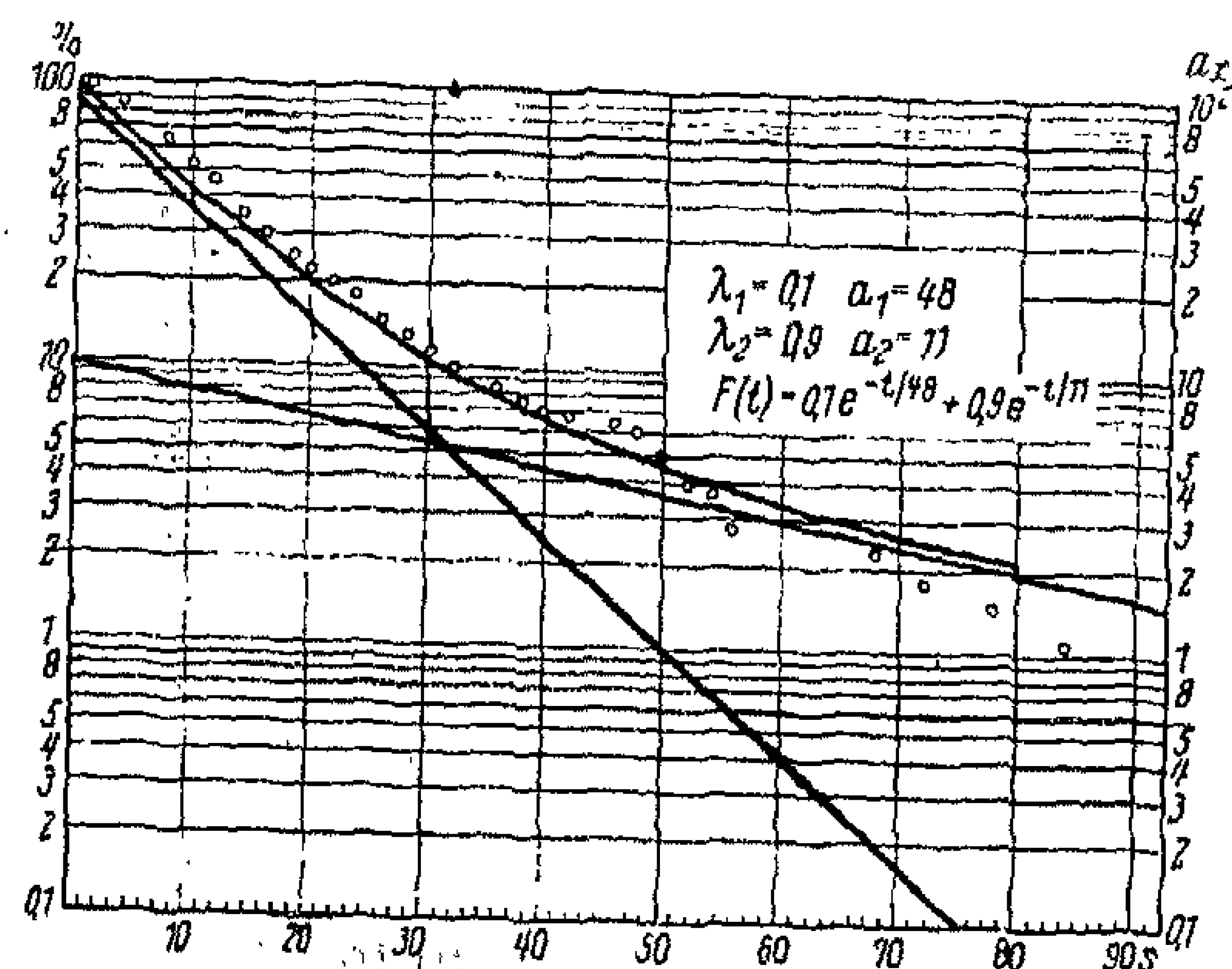


FIGURE 6.—Distribution function for call intervals.

2. The connection of the measuring equipment to the switching system is simple and does not disturb the traffic.

Therefore this experimental procedure can be carried out under all circumstances.

In registrating the flow of the printer traffic the wax recorder MSS I of Mailtak AG., Hamburg, has been used as a time tracing apparatus. The loss measurements were made by means of the "counter of busy cases in the teleprinter automatic switching system TW 39, produced by Siemens & Halske AG., Germany.

The counter was connected to a recording system of the multitracing recorder in order to obtain the distribution of the lost calls in this case. Since the pulses given by the counter last only a very short time, a pulse streather circuit has been used where a show to release. Relay receives the short pulses and provides longer pulses through its contacts to the recording apparatus.

All the registrations which are carried out, deal with the outgoing traffic. Should there be also some lines acting in both directions beside the full availability outgoing group, then these double-acting lines, must be devided in such a manner, that half of them would be added to the outgoing group and the rest to the incoming group. The double acting lines that are to be added to the outgoing groups must be blocked in the opposite exchange for the originating traffic, so that the traffic would only flow in one direction. The lines which are to be added to the incoming group must be blocked for the outgoing traffic in the considered exchange. Accordingly the whole offered outgoing traffic can be obtained and registrated. At the same time the loss of this whole offer will be measured and recorded.

5.2 *Registration of the accumulation phenomena*

The distribution of the number of lines that are simultaneously engaged by teleprinter traffic demonstrates directly the accumulation phenomena in the automatic switching of teleprinter traffic.

During this experimental investigation of the accumulation phenomena the number of lines of the full availability group should be taken so big, that no calls would get lost. This means that the load of the switching group is equal to the offered traffic. In this way the whole offer of teleprinter traffic will be recorded in order to be able to investigate the accumulation phenomena.

In this registration a strong accumulation of the simultaneously busy lines can be noticed. The calls do not have in this case a random character, but fall in an accumulation manner. This accumulation phenomena in the automatic switching of teleprinter traffic is similar to the case of overflow telephone traffic. Overflow telephone traffic does not possess the random character of the original undivided telephone traffic offer. In this case the distribution of the simultaneously busy lines shows clearly an accumulation phenomena as is the case of teleprinter traffic. Therefore both of the over-flow telephone traffic and teleprinter traffic are designated as accumulation traffic.

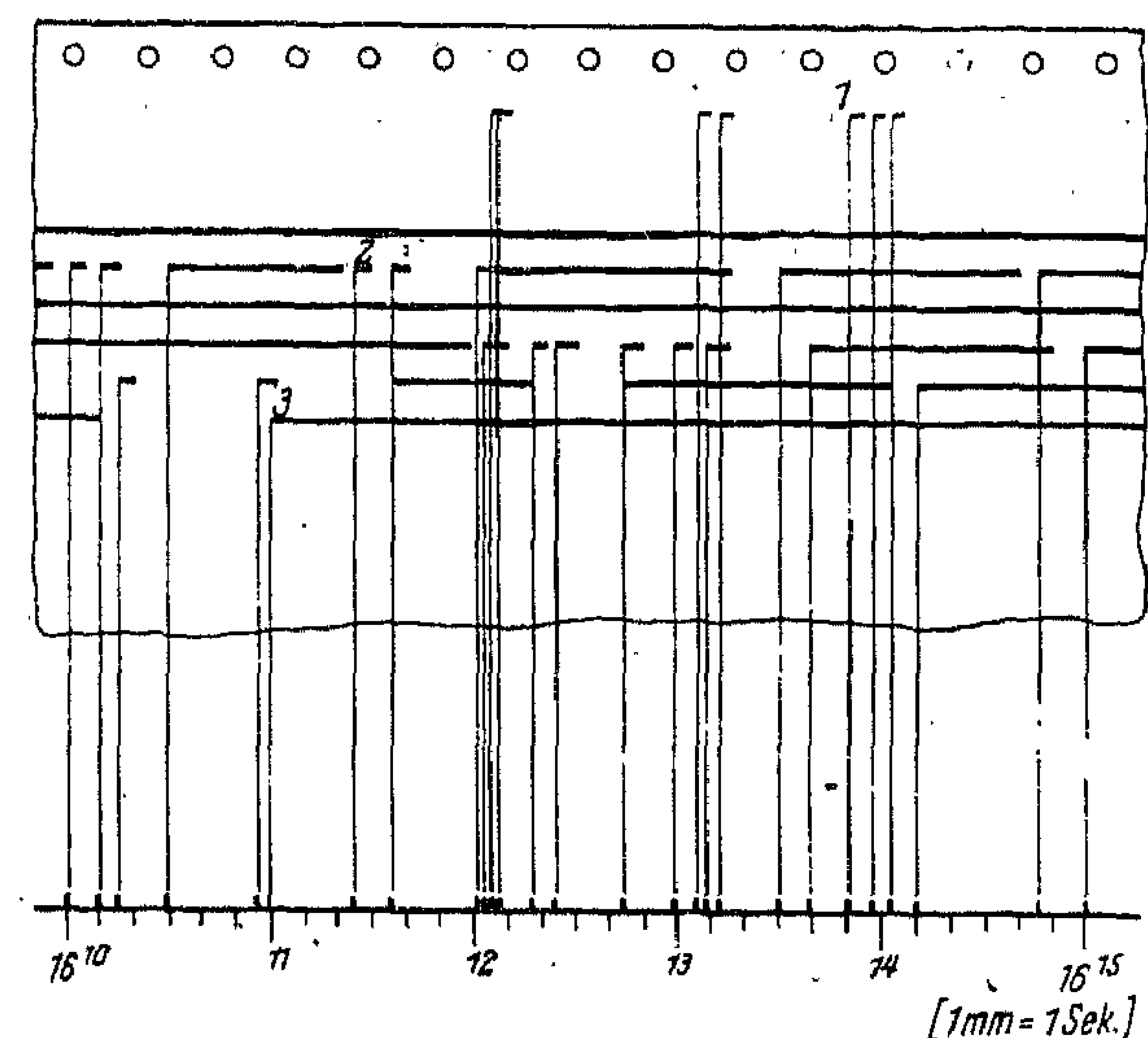


FIGURE 5.—Evaluation of the recording of the call intervals. (1) Lost call; (2) Repeated dialing trials (3) Connection.

1. Random traffic, defined by its distribution function for the call intervals:

$$F(t) = e^{-t/a_m}$$

This random distribution is represented on half logarithmic paper by a straight line.

2. Accumulations Traffic, defined by its distribution function for the call intervals:

$$F(t) = \lambda_1 . e^{-t/a_1} + \lambda_2 e^{-t/a_2}$$

This accumulation distribution is represented on half logarithmic paper by a curve.

A well pronounced random traffic is the normal telephone traffic. This traffic must be a whole offer i.e. not an overflows traffic or a summation of overlow traffics. In this case holds the loss formula of Erlang. Therefore, an offer of such traffic will be called "Erlang's Offer".

Accumulation traffic are teleprinter traffic and all forms of overflow traffic. In all these cases, the loss formula of Erlang does not hold. An offer of such traffic will be called and "accumulation offer".

The accumulation factor is a function of λ_1. The value of λ_1 lies within the limits of $0 < \lambda_1 < {}_1$, and is calculated through the assyptote of the distribution function for the call intervals as it tends to $+ \infty$. Should we have the limit values $a_1 = a_2 = a_m$, then we obtain the random traffic (1) as a limit condition of the accumulation traffic (2).

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 1$$

$$am = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 \; a_2 = (\lambda_1 + \lambda_2) a_m$$

Therefore, the accumulation factor

$$H = \text{In} \left(\frac{a_1}{a_2} \right) = \text{In} \left\{ \frac{a_1}{a_m - (a_1 - a_2) \lambda_1} \right\}$$

may have the values

$H = 0$ for random traffic $(a_1 = a_2)$

$H > o$ for accumulation traffic $(a_1 > a_2)$

The value of the accumulation factor H in case of teleprinter traffic depends on the following accumulation phenomena:

1. Accumulation of Telex messages in the sub. office;
2. Accumulation of successful calls;
3. Accumulation of repetitions i.e. useless dialing trials.
4. Accumulation of busy cases.

5. Measurements

5.1 *Method of Measurement*

A measurement method based on individual recording has been used for the systematic investigations in the automatic switching of teleprinter traffic. The distribution of calls and their intervals for a whole offer of teleprinter traffic through a full availability group has been taken by means of a multisystem wax recorder (time tracer). This method makes it possible to fix the flow of traffic so as to make a consideration of different features of teleprinter traffic simultaneously. Therefore this method is suitable for investigating the accumulation phenomena which are characteristic for teleprinter traffic. Further this provides means to reconstruct the flow of traffic, which gives this method the precise scientific character. Although the evaluation of the experimental results is tireful in this case, two merits justify this method:

1. Normal, accessible recording equipment can be used, without the use of complicated auxiling measuring equipment.

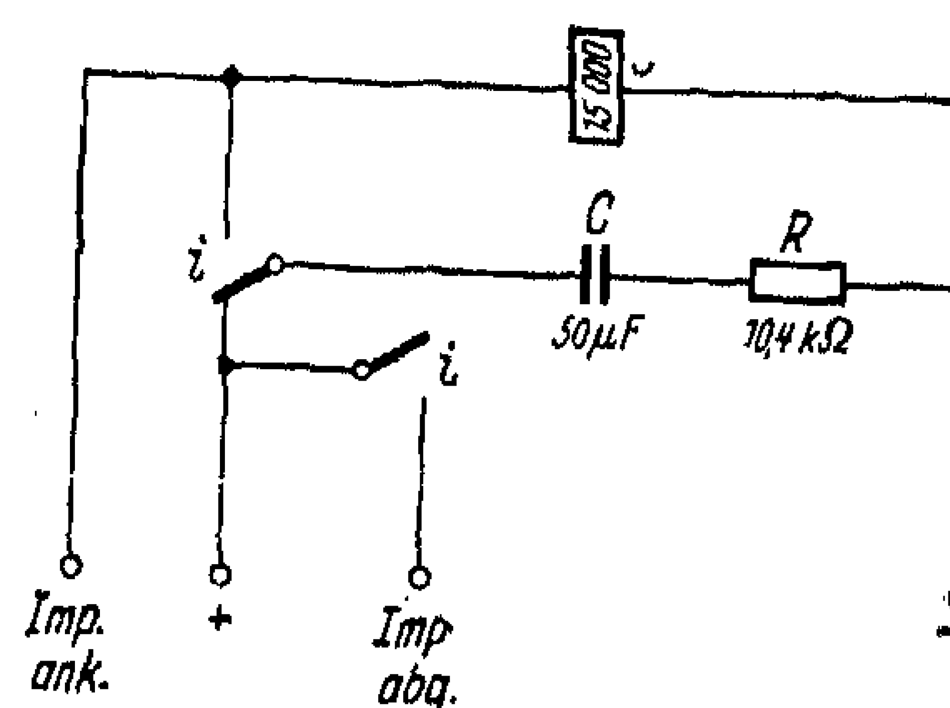


FIGURE 4.—Impulse streaching circuit.

ferent intervals, one of them being much smaller than the other. This phenomene is due to the fact that the calls in teleprinter traffic do not fall at random as in the case of telephone traffic.

3. Distribution Function of the call intervals

The above observations must be basically taken into account in order to reproduce a model for the distribution of calls in teleprinter traffic.

It has been so far experimentally established, which features has the flow of teleprinter traffic through the different switching stages. The main characteristic of these features is the accumulation of calls. Further this experimental investigation provide a criterium and respectively a measure for the accumulation phenomena, namely that the teleprinter traffic from the subscriber as well as through the different switching stages has mainly 2 different call intervals

A model distribution has been established on these basis. The call intervals are to be statistically considered as the elements of a compound collective, that consists of 2 partial collectives. The 2 partial collectives have 2 different mean values, a_1 and a_2. Let the portion of the 1st partial collective be λ_1 and the portion of the 2nd partial collective be λ_2.

Hence we get the relation

$$\lambda_1 + {}_2\lambda = 1$$

Th mean value of the call intervals i.e. of the compound collective will be dependent on a_1, a_2 and λ_1, λ_2

$$am = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2$$

Accordingly, the compound collective for the call intervals in teleprinter traffic has a distribution function of the form

$$E(t) = \lambda_1 e^{-t/a_1} + \lambda_2 e^{-t/a_2}$$

This distribution function describes the flow of teleprinter traffic in a certain time interval, namely during the busy hour. In this distribution dominates at first the first partial collective, i.e. the smaller call intervals. Later dominates the 2nd partial collective, i.e. the bigger call intervals.

If we draw the distribution function on paper with logarithmic devided ordinate axis, we get a curve that can be analysed in 2 straight lines. These two lines represent the 2 partial collectives with slopes a_1 and a_2 respectively. They cut the ordinates axis in the points $(0, \lambda 1)$ and $0_1, \lambda_2)$.

4. Types of Traffic: Accumulation Factor

The quantities a_1, a_2 as well as λ_1, λ_2 fix the characteristics of teleprinter traffic. This expresses the accumulation phenomena, that were experimentally observed, in a quantitative manner. In case of teleprinter traffic a_1, a_2 as well as λ_1, λ_2 are characteristic figures beside the magnitude of the traffic that can be measured by means of an Erlang meter.

The factor

$$H = \log_e \left(\frac{a_1}{a_2}\right)$$

will be called "accumulation factor".

This exposition for the problem of teleprinter traffic, which is based on experimental investigation, introduces 2 important definitions in the traffic theory of automatic exchanges. Accordingly there can be 2 types of such a traffic :

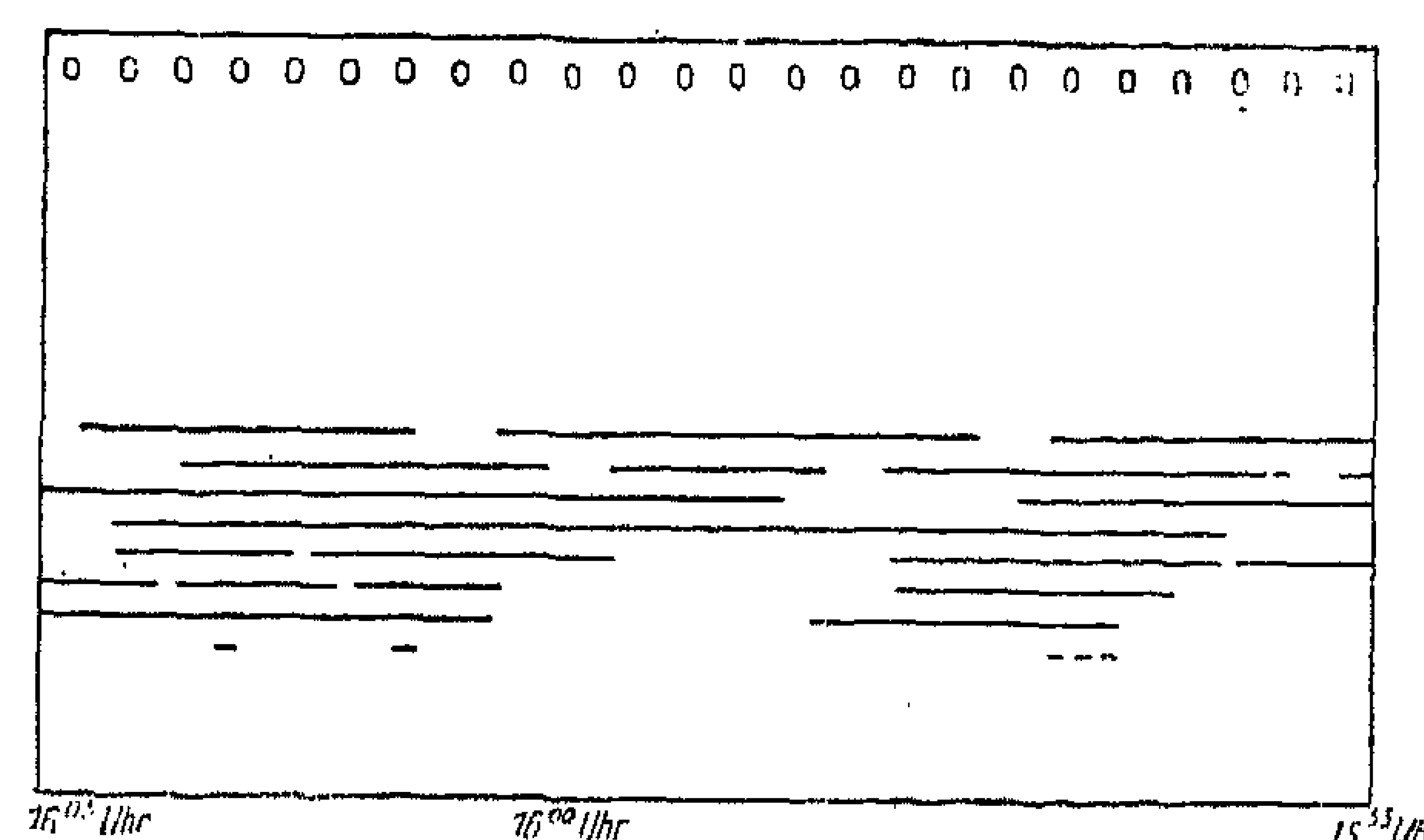


FIGURE 3.—Recording of the accumulation in Telex traffic.

this time. Further it must be expected that the telex subscriber mostly repeats his call in busy cases. Up to 200 dialing trials may be made for 100 calls. Switching equipment such as switches and trunk lines are therefore held without use and get extra load. This is why there are more loss calls in teleprinter traffic than in the case of telephone traffic.

Due to the business organisation of big subscribers, the telex messages are first collected and then sent successively. Therefore a well pronounced accumulation readily appears at the sending teleprinter of the subscriber.

Because of this accumulation, the calls do not fall at random as in the case of telephone traffic. This destroys a very important assumption made in the theories of automatic telephony, especially the loss formulas of Erlang. A criterium for the accumulation of calls in the automatic switching of teleprinter traffic must be found.

2. Traffic flow

A trial to investigate the inner form of teleprinter traffic has been made here for the first time. The effect of the mentioned factors on the distribution of traffic is experimentally examined. This is done by registerating the fall of calls in the outgoing direction. These guiding experiments form the transition from the just qualitative to a quantitative analysis of the flow of teleprinter traffic through automatic exchange.

An ink recorder having 11 writing systems is used. Each system consists of a writing pen, an ink pot and an electromagnet. A synchronous motor transports the paper downwards. A straight line is drown parallel to the datum line from the beginning to the end of each teleprinter call.

First of all, it is examined how the telex subscriber sends his calls to the exchange. The ink recorder is connected for this purpose to the subscriber circuit. This is achieved by connecting a relais of high resistance to the metering circuit in the preselector bays. Eleven subscribers, mostly big subscribers, were connected dially at the same time from 8.00 to 18 .00hours. These experiments were made for the first time in the telex exchange of Munich in October and November, 1957.

It has been found from these registrations that the Telex subscribers originate their traffic in such a way that many calls are just separated by small intervals. The distribution of the subscriber traffic shows two different call intervals, which represent the accumulation phenomena in subscriber calls.

In January 1958 these experiments were once more continued in the Telex Exchange of Munich, so as to examine the distribution of the outgoing teleprinter traffic through different switching stages, namely :

(a) First group selector (to time-zone meter)
Bays 33-34, Row 38.

(b) Line selector,
Bays 10, 11 and 12
3000, 3100, 3200, 3300, and 3400.

An ink recorder was connected daily from 8.00 to 18.00 hours to the registeration terminals of the first group selector and line selector respectively, one recording system being connected to each selector.

In the recorded traffic distributions appear again accumulation phenomena, that can be clearly recognised. The load through each selector consists of calls with mainly two dif-

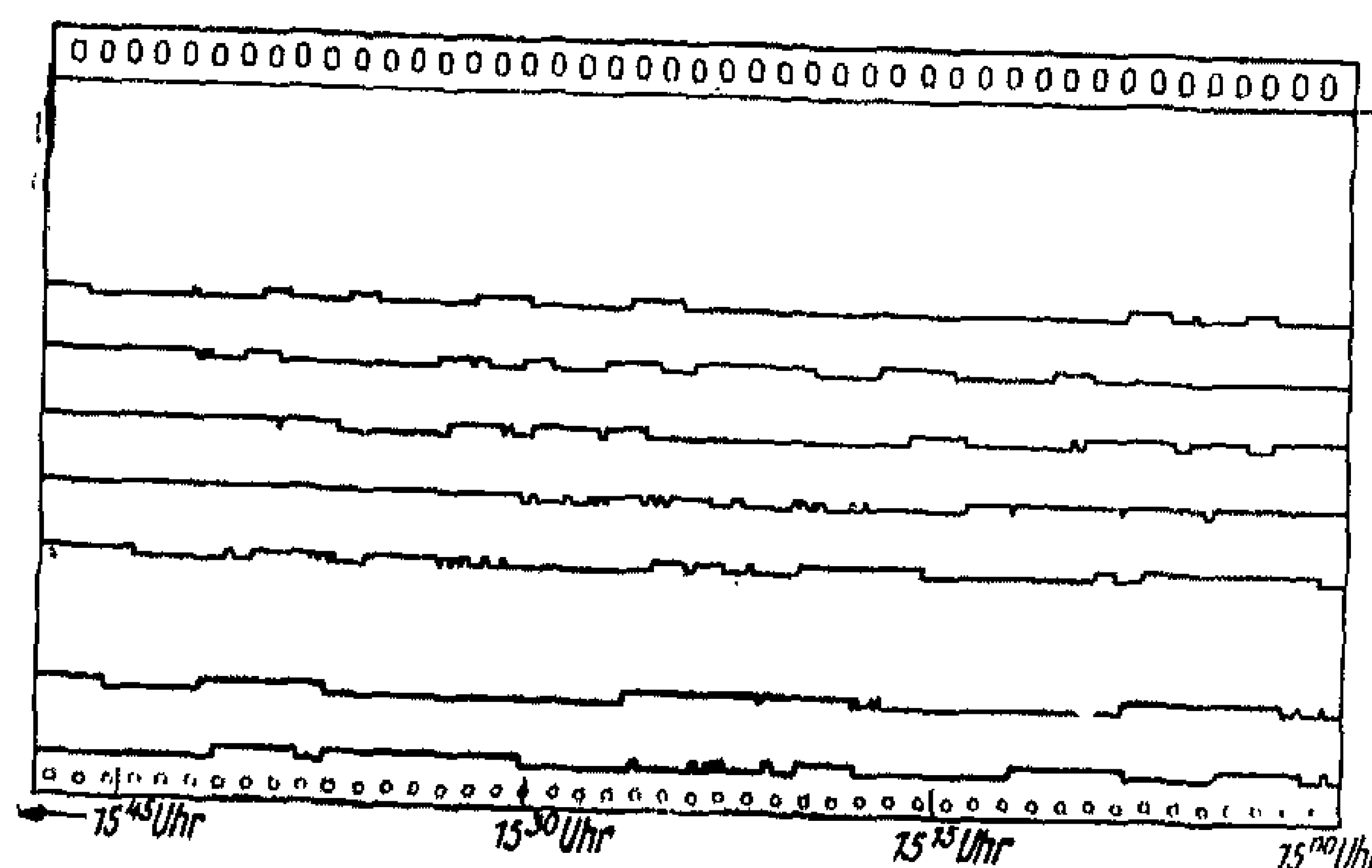


FIGURE 2.—Recording of traffic group selectors.

DISTRIBUTION FUNCTIONS OF THE TRAFFIC IN AUTOMATIC TELEPRINTER EXCHANGE

by

Dr.-Ing. FARID M. BADRAN
Lecturer, Electrical Engineering Department,
Cairo University.

In designing automatic teleprinter exchanges, the same theories have been used so far as in telephone practice. These theories, however, assume a random character of the traffic, which is not the case in teleprinter exchanges. This paper studies the problem and establishes new distribution functions which are to be used as basis for calculation of losses in automatic teleprinter exchanges.

1. Traffic and losses in Exchange

The introduction of teleprinters and voice frequency telegraph carrier systems since 30 years led to a fundamental reform in telegraphy. The top of this reform has been reached by using automatic switching techniques in telegraph esrvice.

Since 1934 automatic exchange have been used in teleprinter subscriber service (Telex.). In many countries exists a separate netwirk for telex subscribers. The form of these telex networks has been chosen in such a way to satisfy the characteristics of teleprinter traffic. These characteristics are completely opposite to those of telephone traffic. In telephone traffic the part of local traffic is greatly big (80 to 90 %). On the other hand, the part of trunk traffic in Telex service is decisively big (more than 90 %), which is generally the case in all forms of circulated written messages. Therefore a special network for long distance dialing has been very essential for the automatic switching of teleprinter traffic from the very beginning.

The teleprinter is a relatively costly apparatus. Therefore its costs are only justified in case of subscriber who have dially much traffic. This is why most of the telex subscribers mostly use their teleprinters heavily. According to the statistics of the Post Office of the German Federal Republic, 10 % of the whole subscribers in West Germany originate about 40 % of the total Telex traffic. This group of subscribers is called "big subscribers" and plays a decisive part in the formation of telex traffic. The busy hours of all big subscribers fall generally at the same time, namely between 15.00 and 17.00 hours. Therefore, the lost calls accumulate about

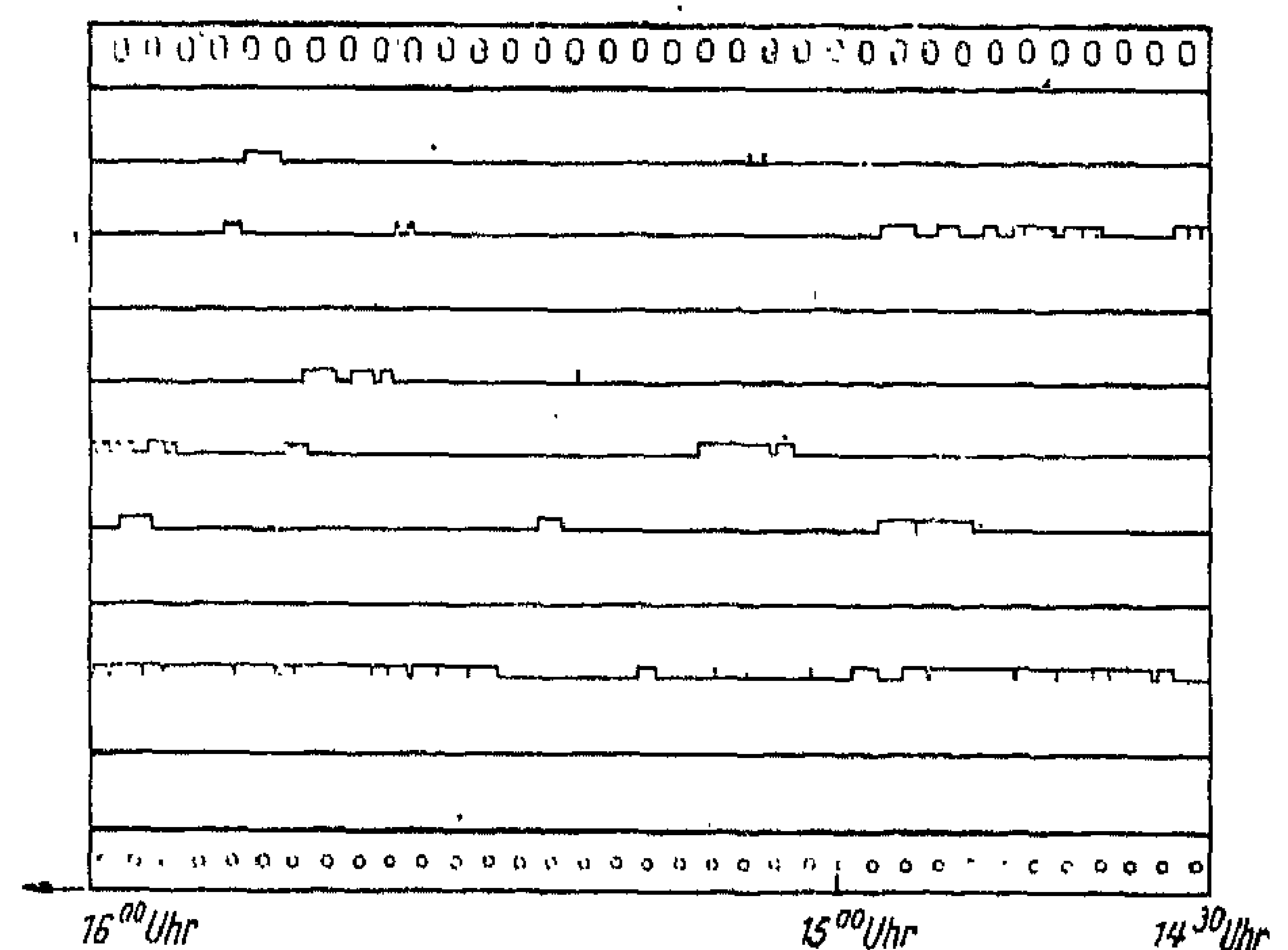


FIGURE 1.—Recording of subscriber traffic.

(8) REFERENCES

(1) Richter, R.: "Elektrische Maschinen", Vol. V (Springer Verlag 1950).

(2) Taylor, E. O.: "Performance and Design of A.c. Commutator Motors" (Pitman 1958).

(3) Adkins, B., and Gibbs, W. J.: "Polyphase Commutator Machines" (Cambridge University Press, 1951).

(4) Kesavamurthy, N. and Bedford, R. E.: "Torque-Angle Analysis of the Schrage Motor"—Proceedings I.E.E., Monograph No. 217 u, January 1957.

(5) Gibbs, W. J.: "The equations and circle Diagrms of the schrage Motor"—Journal I.E.E., 1946, Vol. 93—Part I, p. 621.

(6) Conrad, A. G., Zweig, F. and Clarke, J. G.: "Theory of the Brush Shifting A.C. Motor", Translations of the American I.E.E., 1941, Vol. 60, p. 829 and 1942 Vol. 61, p. 502.

(7) Sheng, C. L.: "The equivalent circuit of the schrage Motor", Transactions of the American I.E.E., April 1954, Part II, p. 114.

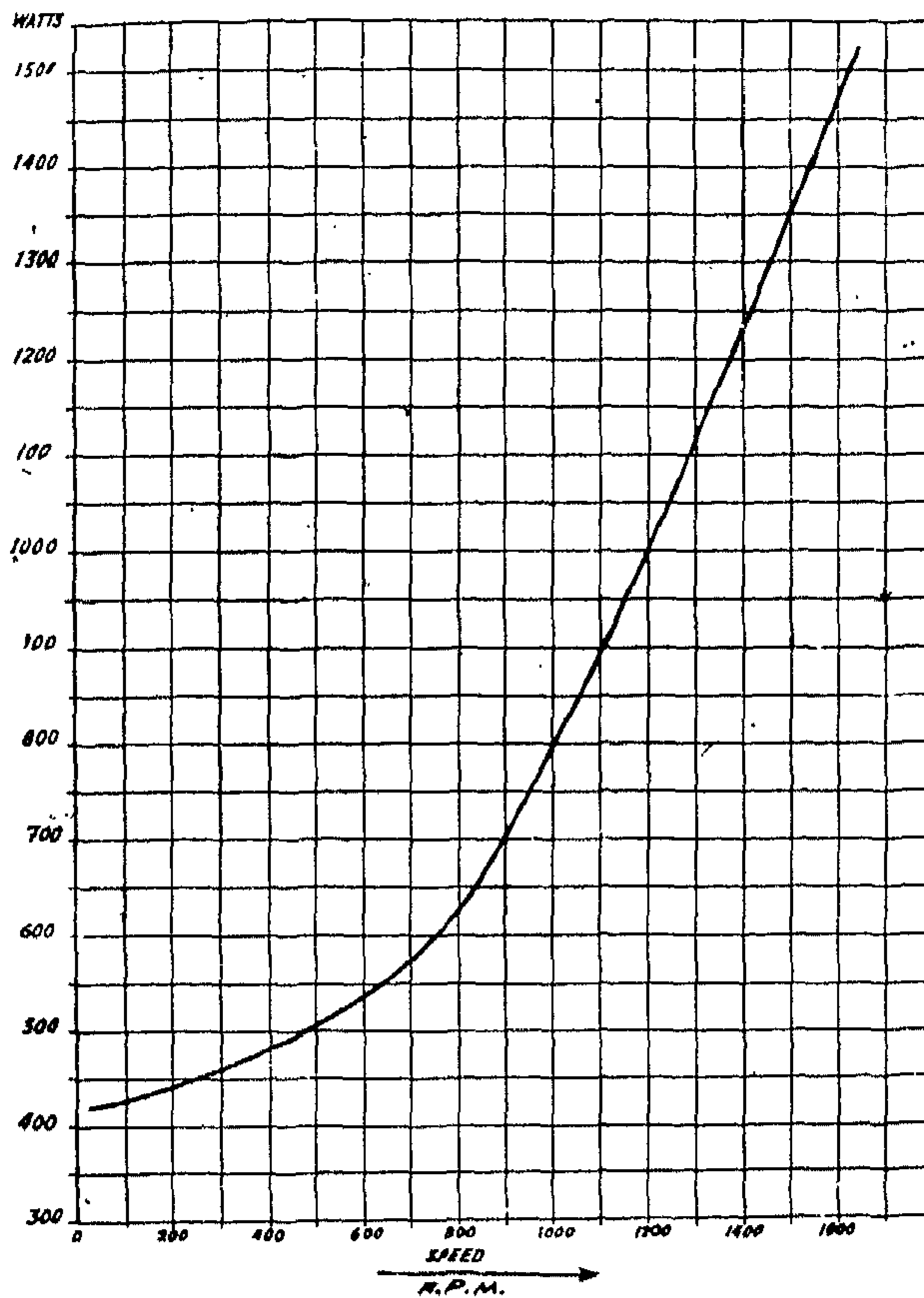


FIG. 10.

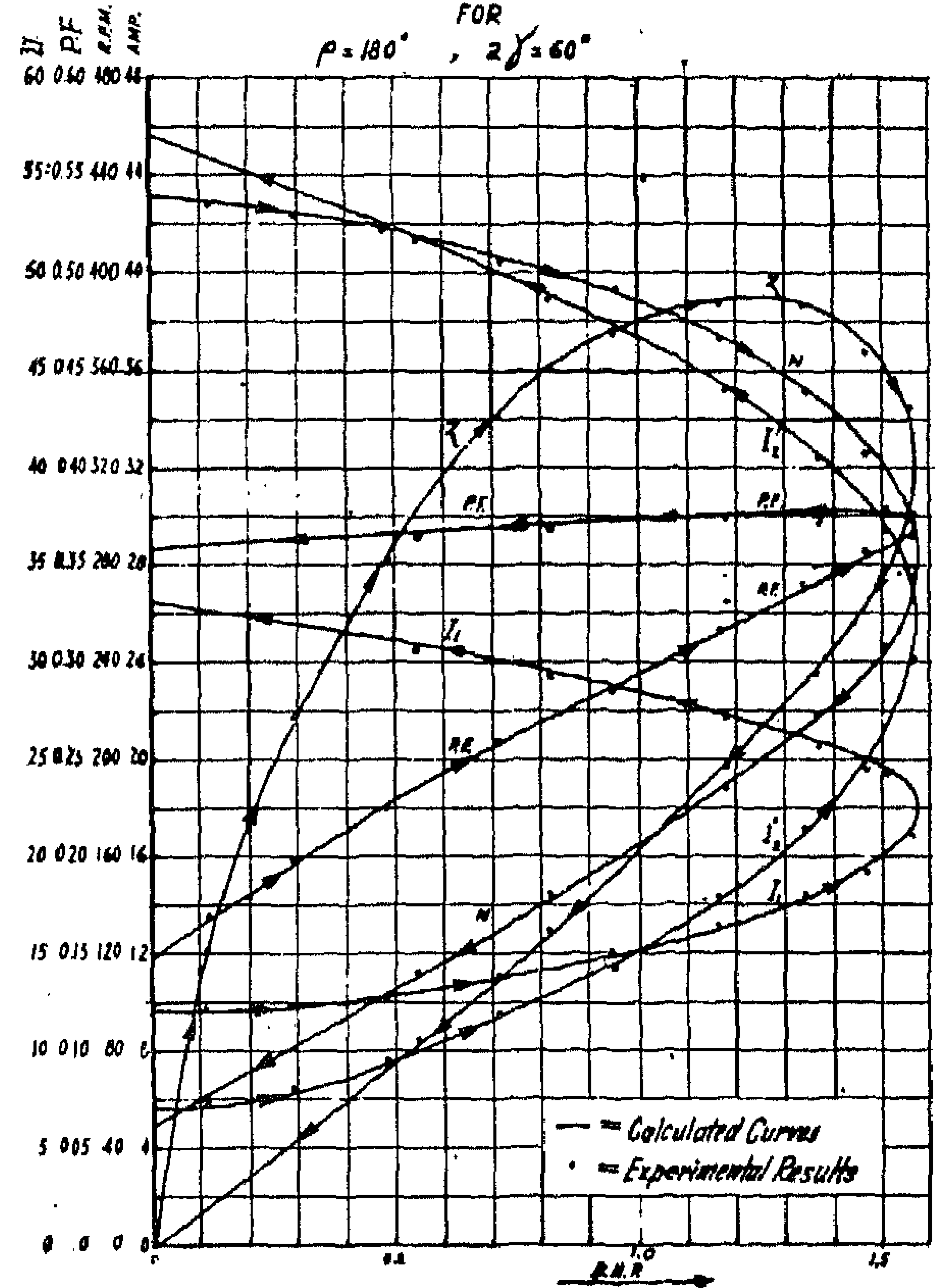


FIG. 11.

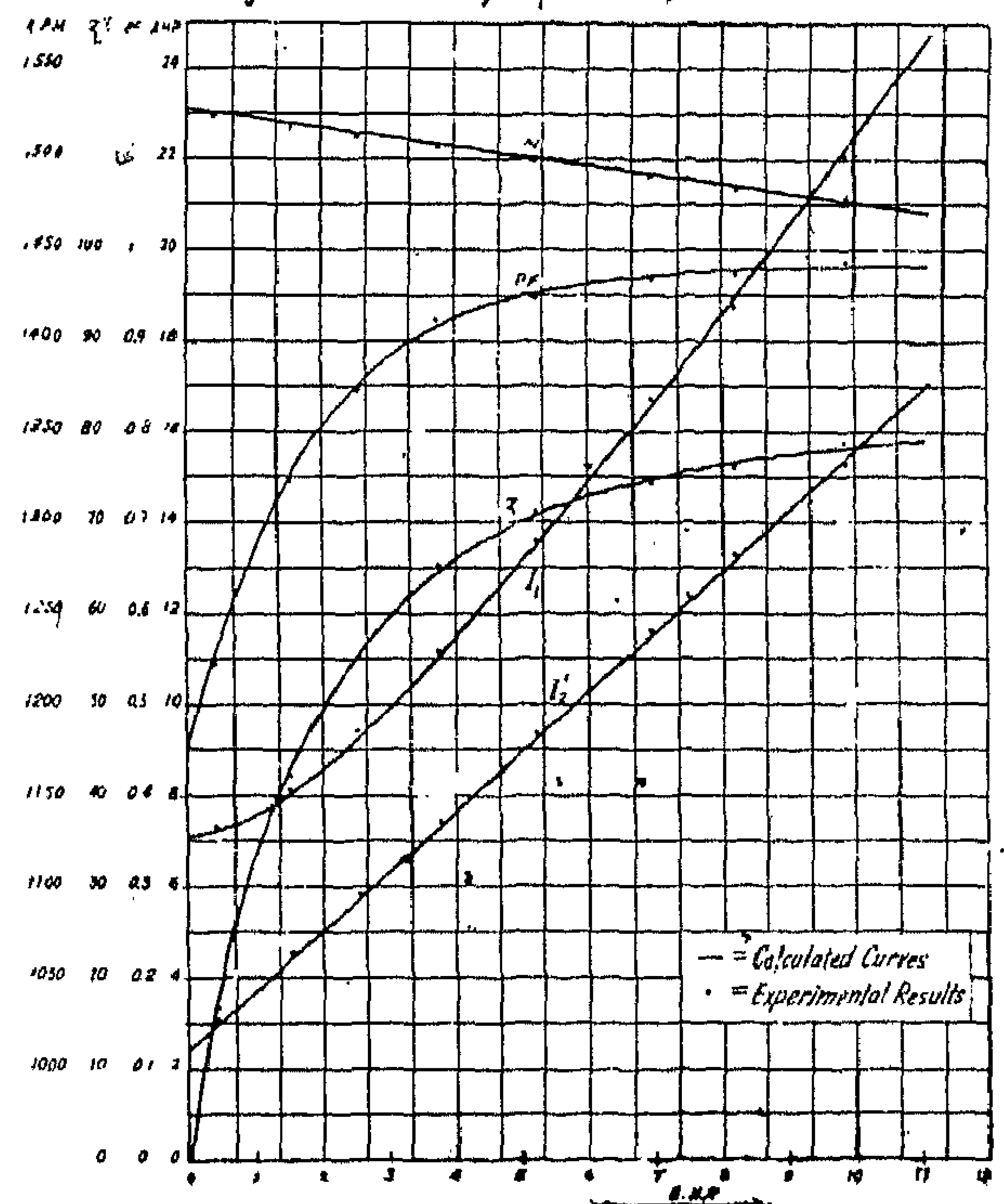


FIG. 12.

The iron and friction losses of the machine were measured and are given in figure (10). It should be noted that R_3 given above is the value of the resistance of the regulating winding per phase for a brush opening 2 γ of 180° electrical. For other brush openings, it can be proved* that the value of R_3 is governed by the following relation :—

$$R_3 = R_{3(180)} \text{ for } 180° \geqslant 2\gamma \geqslant 120°$$

$$R_3 = \frac{2\gamma}{120} R_{3(180)}° \text{ for } 120° \geqslant 2\gamma \geqslant 0$$

∴ For a brush opening of $2\gamma = 60$

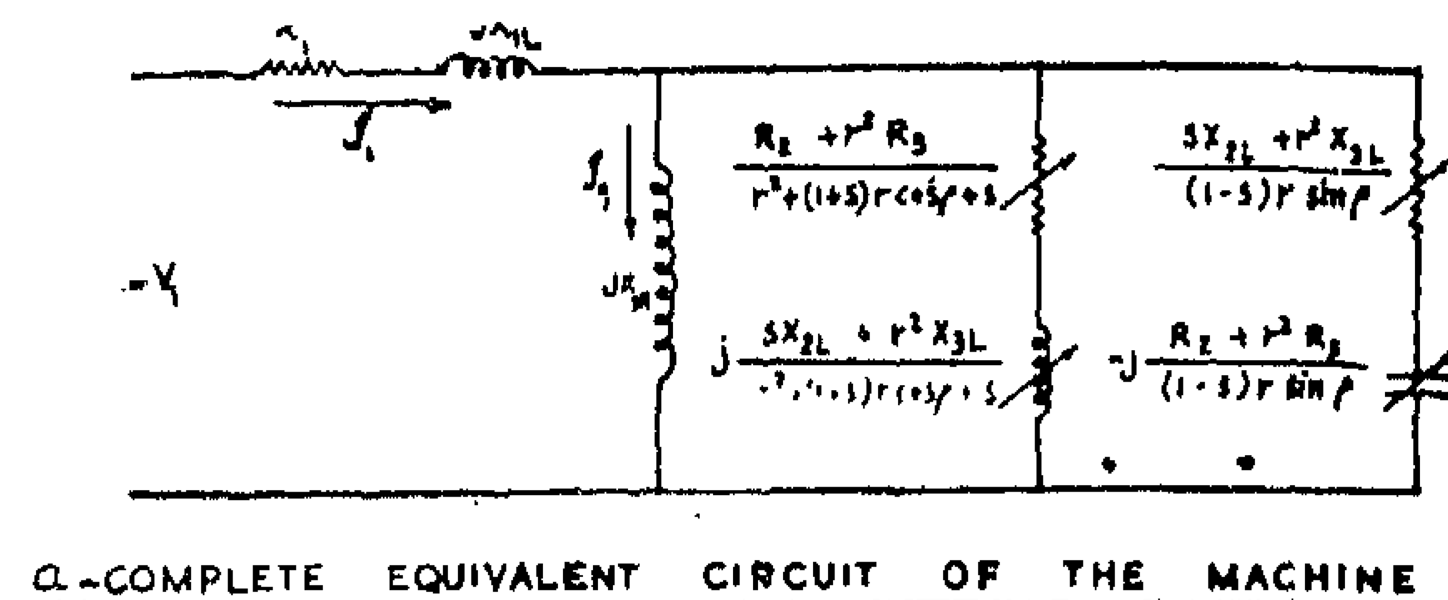
$R_3 = 0.445$ ohm.

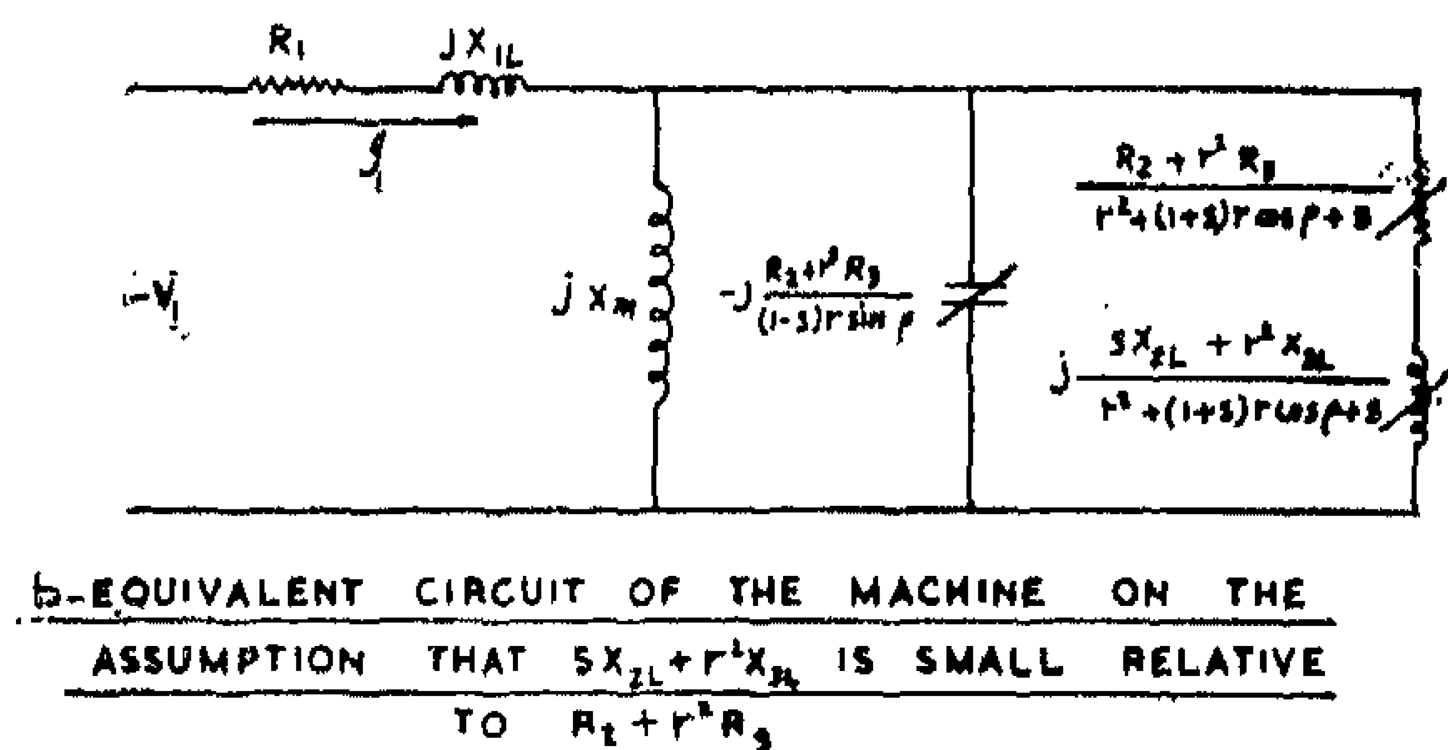
Equation (30) shows that the equivalent circuit of the machine is as that shown in figure (9-a). This circuit can be simplified if the resistive term in the right hand branch is neglected and considering the reactive part of it as a part of the magnetizing branch as shown in figures (9-b). Still a further simplification can be made by shifting the magnetizing branch to the supply terminals as is commonly done in induction ... analysis. This resu... shown in figure (9-c).

Now consider the variable capacitive term $-j\dfrac{R_2 + r^2 R_3}{(1 - s)\, r \sin \rho}$. This term is capacitive as long as Sin ρ is positive i — e . this term is capacitive for $0 < \rho < 180°$ and inductive for $180° < \rho < 360°$.

∴ For $0 < \rho < 180°$, the P.F. of the machine is improved while in the range $180° < \rho < 360°$, the P.F. is poor. The relation between the angle "ρ" and the brush shift angle "σ" is :—

For sub-synchronous speed $\rho = 180 \pm \sigma$ and for Super-synchronous speed $\rho = \pm \sigma$ where the + ve sign is used for brush shifts in the direction of rotation and the - ve sign to be used for shifts against the direction of rotation





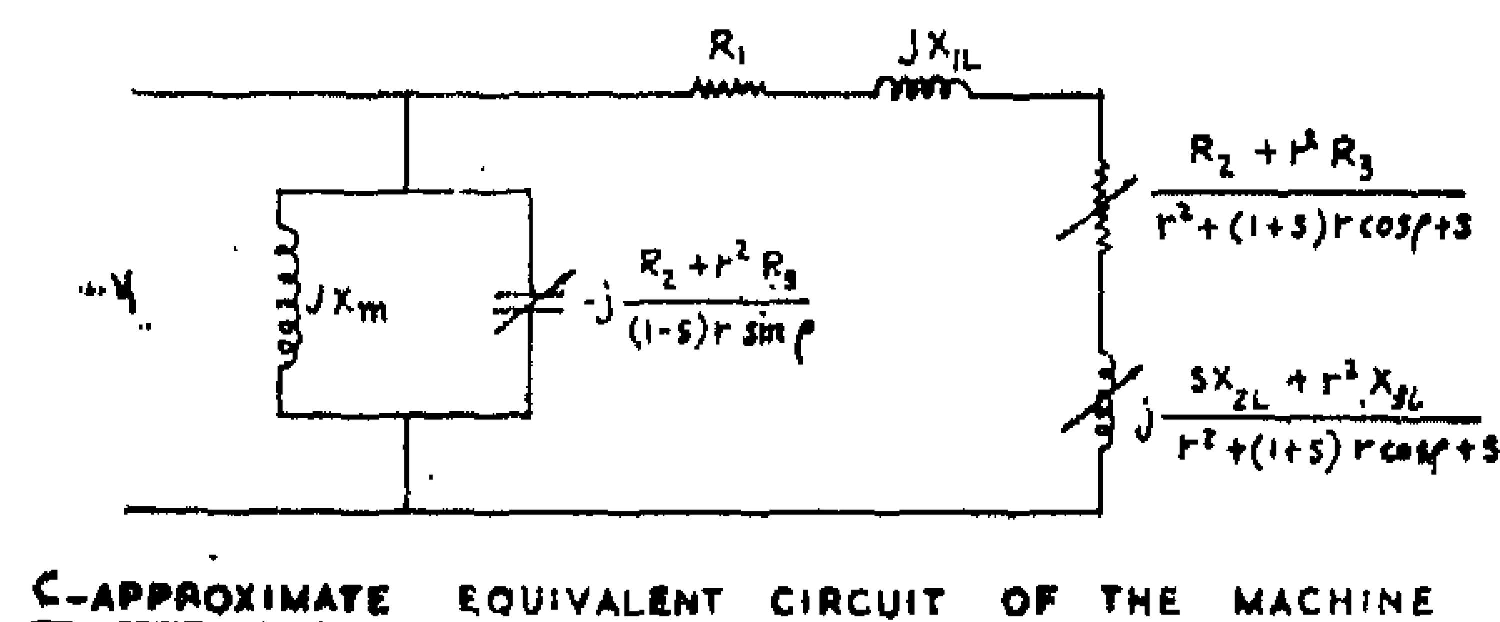


FIG. 9. (a, b, c).

(7) EXPERIMENTAL VERIFICATION

The above theory have been chechked experimentally. Several performance curves for different brush openings and brush shift angles were obtained under different loading conditions. The experiments have proved the accuracy and validity of this theory.

As an example, two performance curves are given here for sub and super synchronous speed operation of the machine. The machine used is 3 phases, 5 H.P., 250 volt, 6 pole 50 c.s. schrage machine. The constants of this machine per phase are :—

R_1 = 0.25 ohm
R_2 = 0.38 ohm
R_3 = 0.89 ohm
X_{1L} = 1.35 ohm
X_{2L} = 0.73 „
X_{3L} = 0.57 „
X_{11} = 17.75 „
X_{22} = 17.78 „
X_{33} = 17.72 „
X_{12} = 17.53 „
X_{13} = 17.92 „
X_{23} = 17.8 „
X_m = 17.75 „
r_{max} = 1.076
K = 7.35 „

The resistance representing the load is given by :—

$$R_{2m}' = R_s' - R_{2cu}' =$$

$$= \frac{(1 - s)(r \cos + s)(R_2 + r^2 R_3) + (sX_{2L} + r^2 X_{3L})\, r \sin \rho}{(1 + 2 r \cos \rho + r^2)(s^2 + 2 sr \cos \rho + r^2)} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (28)$$

The ideal on load slip s_0 of the machine can be obtained by considering that no power output is obtained at no load (friction neglected)

$$\therefore \quad J_s'^2 \,.\, R_{2m}' = 0$$

This relation shows that either $J'_s = 0$ or $R_{2m}' = 0$ at no load.

For $J_s' = 0$, $J_2' = 0$. This does not give a general solution

$\therefore$ at no load $R_{2m}' = 0$. This gives that :—

$$s_0 = \frac{-[(R_2 + r^2 R_3)\, r \cos \rho + r^3 X_{3L} \,.\, \sin \rho]}{R_2 + r^2 R_3 + X_{2L} \,.\, r \sin \rho} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (29)$$

(6.2) DIFFERENT OPERATING MODES OF THE MACHINE

a. Induction Motor Operation

In this case $r = 0 \quad \therefore s_0 = 0$, $R_s' = \frac{R_2}{s}$ and $X_s' = X_{2L}$, $J_s' = J_2'$ and $E_3' = 0$

b. Motor Operation at Sub-synchronous speed with No p.F. control

Here $r \neq 0$, and $\rho = 180°$ $\quad \therefore \quad s_0 = r$

n_0=ideal no load speed of machines$=(1-r)n_1$

$$R_s' = \frac{R_2 + r^2 R_3}{(1 - r)(s - r)} \qquad X_s' = \frac{sX_{2L} + r^2 X_{3L}}{(1 - r)(s - r)} \quad \text{and } J_s' = (1 - r)\, J_2'$$

c. Motor Operation at Super Synchronous speed with No P.F. control

$\rho = 0 \quad \therefore \quad s_0 = -r$, $n_0 \, (1 + r)\, n_1$

$$R'_s = \frac{R_2 + r^2 R_3}{(1 + r)(s + r)}, \qquad X_s' = \frac{s \quad X_{2L} + r^2 X_{3L}}{(1 + r)(s + r)} \quad \text{and } J_s' = (1 + r)\, J_2'$$

A — Power Factor Control :

$\because \quad J_1 = J_{01} + J_s'$ (direction of J_s' reversed in the equivalent circuit).

$$\therefore \quad J_1 = \frac{-E_1}{j X_m} + \frac{-E_1}{\dfrac{R_2 + r^2 R_3 + j\,(sX_{2L} + r^2 X_{3L})}{(1 + r \,.\, e^{-j\rho})(s + r \,.\, e^{-j\rho})}}$$

$$-E_1 = \frac{J_1}{\dfrac{1}{JX_m} + \dfrac{1}{\dfrac{R_2 + r^2 R_3}{r^2 + (1+s) r \cos\rho + s} + j\dfrac{sX_{2L} + r^2 X_{3L}}{r^2 + (1+s) r \cos\rho + s}} + \dfrac{1}{\dfrac{sX_{2L} + r^2 X_{3L}}{(1 - s)\, r \sin \rho} - j\dfrac{R_2 + r^2 R_3}{(1 - s)\, r \sin \rho}}} \quad \ldots \ldots (30)$$

(6) APPROXIMATE EQUIVALENT CIRCUIT

(6.1) DERIVATION OF THE EQUIVALENT CIRCUIT

The following approximate equivalent circuit is obtained on the assumption that $X_{11} = X_{22} = X_{33} = X_{12} = X_{13} = X_{23} = X_m$ Say, the mutual reactance of the machine. When these constants were measured experimentally, it was found that the differences between their actual values and the mean values X_m are so small that these reactances can be taken equal to X_m in practice.

Let E_{20}' = the value of E_2' at standstill. $(s = 1)$ $\therefore E_2' = sE_{20}'$

$\therefore$ From equation (7) and (8) we get :—

$$E_1 = E_{20}' = -j\,[J_1 \,.\, X_m + J_2' \,.\, X_m\,(1 + r \,.\, e^{-j\rho})]$$

and from equations (8) and (9) it can be proved that :—

$$\frac{E_3'}{E_{20}'} = r \,.\, e^{j\rho}$$

Since $(-V_2') + (-V_3') = 0$

$$\therefore \quad 0 = J_2 \,.\, [R_2 + r^2 R_3 + j\,(sX_{2L} + r^2 X_{3L})] + (-E_1)\,(s + r \,.\, e^{j\rho}) \quad \dots \quad (24)$$

assuming J_{01} to be the exciting current of the machine referred to winding 1.

$$\therefore \quad -E_1 = j\,J_{01} \,.\, X_m$$

$\therefore$ From relation (23) and (25) we get :—

$$J_{01} = J_1 + J_2'\,(1 + r \,.\, e^{-j\rho}) = J_1 + J_s'$$

where $J_s' = J_2' \,.\, (1 + r \,.\, e^{-j\rho})$

substituting these values in equation (24) we get :—

$$J_s' = \frac{-E_1}{\dfrac{R_2 + r^2 R_3}{(1 + r.e^{-j\rho})\,(s + r.e^{-j\rho})} + j\,\dfrac{sX_{2L} + r^2 X_{3L}}{(1 + r.e^{-j\rho})\,(s + r.e^{-j\rho})}}$$

$$= \frac{-E_1}{R_s' + j\,X_s'} = \frac{-E_1}{Z_s'} \quad \dots \quad \dots \quad (26)$$

where $Z_s' = R_s' + j\,X_s'$ and

$$R_s' = \frac{[(1+s)\,r \,.\, \cos\rho + s + r^2]\,(R_2 + r^2 R_3) + (1-s)\,(sX_{2L} + r^2 X_{3L})\,r \,.\, \sin\rho}{(1 + 2\,r\cos\rho + r^2)\,(s^2 + 2\,sr \,.\, \cos\rho + r^2)}$$

$$X_s' = \frac{[(1+s)\,r \,.\, \cos\rho + s + r^2]\,(sX_{2L} + r^2 X_{3L}) - (1-s)\,(R_2 + r_2{}^2 R_3)\,r\,\sin\rho}{(1 + 2\,r\cos\rho + r^2)\,(s^2 + 2\,sr\cos\rho + r^2)} \quad \dots \quad \dots \quad (27)$$

The equivalent circuit in this case is as shown in figure (8). Further, R_s' can be divided into two parts R_{2cu}' and R_{2m}' where R_{2cu}' represents the equivalent resistance of the combined secondary circuit in primary termes and R_{2m}' represents the mechanical load. The combined secondary copper losses $= J_2'^2 \,.\, (R_2 + r^2 R_3 = J_s'^2 \,.\, R_{2cu}'$

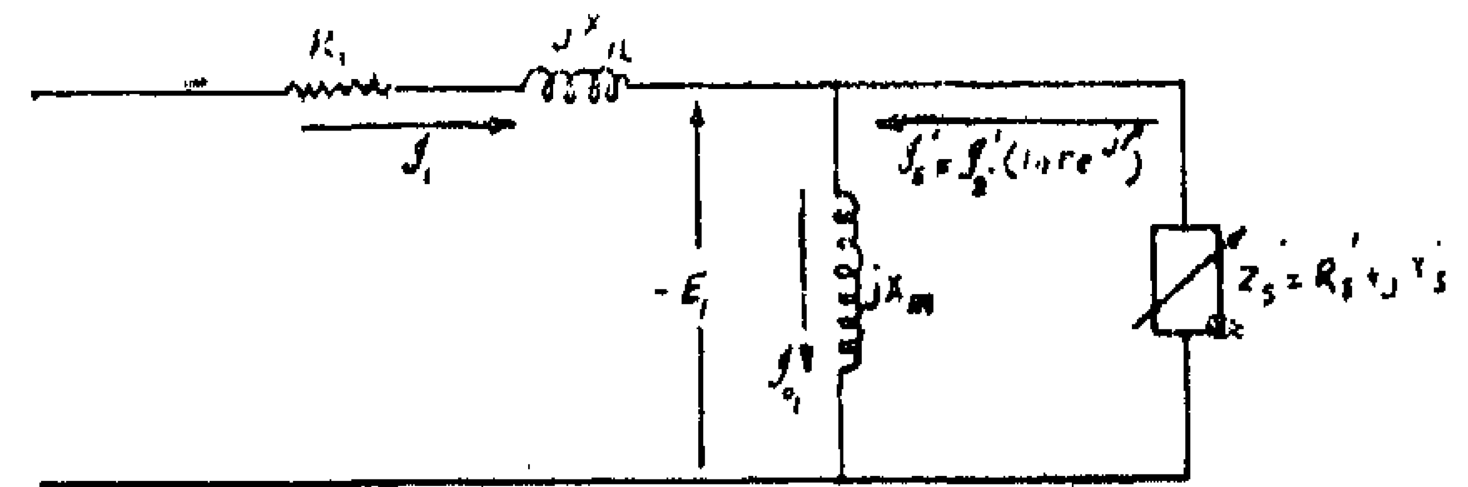


FIG. 8. Equivalent Circuit of the Machine.

$$\therefore \; R_{2cu}' = \left|\frac{1}{1 + r \,.\, e^{-j\rho}}\right|^2 . \,(R_2 + r^2 R_3) = \frac{R_2 + r^2 R_3}{1 + 2\,r\cos\rho + r^2}$$

where K_1, K_2, K_3 and K_4 are complex constants whose values can be calculated from relation (13). It can be proved that the locus of J_1 given by equation (21) is the same circle as that given by equation (17). The values of J_1 at s = o and ∞ are :—

$$J_{1_{s=o}} = V_1 \cdot \frac{K_1}{K_3}$$

$$J_{1_{s=\infty}} = V_1 \cdot \frac{K_2}{K_4}$$

The equation of the circle given by equation (21) when referred to point $P\infty$ (point at which s = ∞) is :—

$$\frac{J_1 - J_1\infty}{J_{1_{s=o}} - J_1\infty} = \frac{\dfrac{K_1 + K_2 \cdot s}{K_3 + K_4 \cdot s} - \dfrac{K_2}{K_4}}{\dfrac{K_1}{K_3} - \dfrac{K_2}{K_4}} =$$

$$= \frac{1}{1 + \dfrac{K_4}{K_3} \cdot s} \quad .. \quad (22)$$

Relation (22) shows that the straight line $1 + \frac{K_4}{K_3} \cdot s$ is the inversion of the circle w.r.t. the origin $P\infty$. From the theories of geometry, this straight line must be parallel to the tangent at $P\infty$. Therefore the vector $\frac{K_4}{K_3}$ must also be parallel to the tangent at $P\infty$ as shown in figure (6) may be used as slip line with linear scale. The scale is determined simply by joining points $P\infty$ P_{00} and cutting the slip line by the point s = o and joining points $P\infty$ $P_{s=1}$ and extrapolating to cut the slip line at point s = 1.

For the secondary current J_2' circle, the slip line is constructed in exactly the same way. Therefore, the graphical procedure is carried out in the general case by constructing the two circles for the primary and secondary currents each with its slip line completely independent from each other as shown in fig. (7). The corresponding values for J_1 and J_2' can then be obtained by locating the two points on the circle which correspond to the same slip as shown.

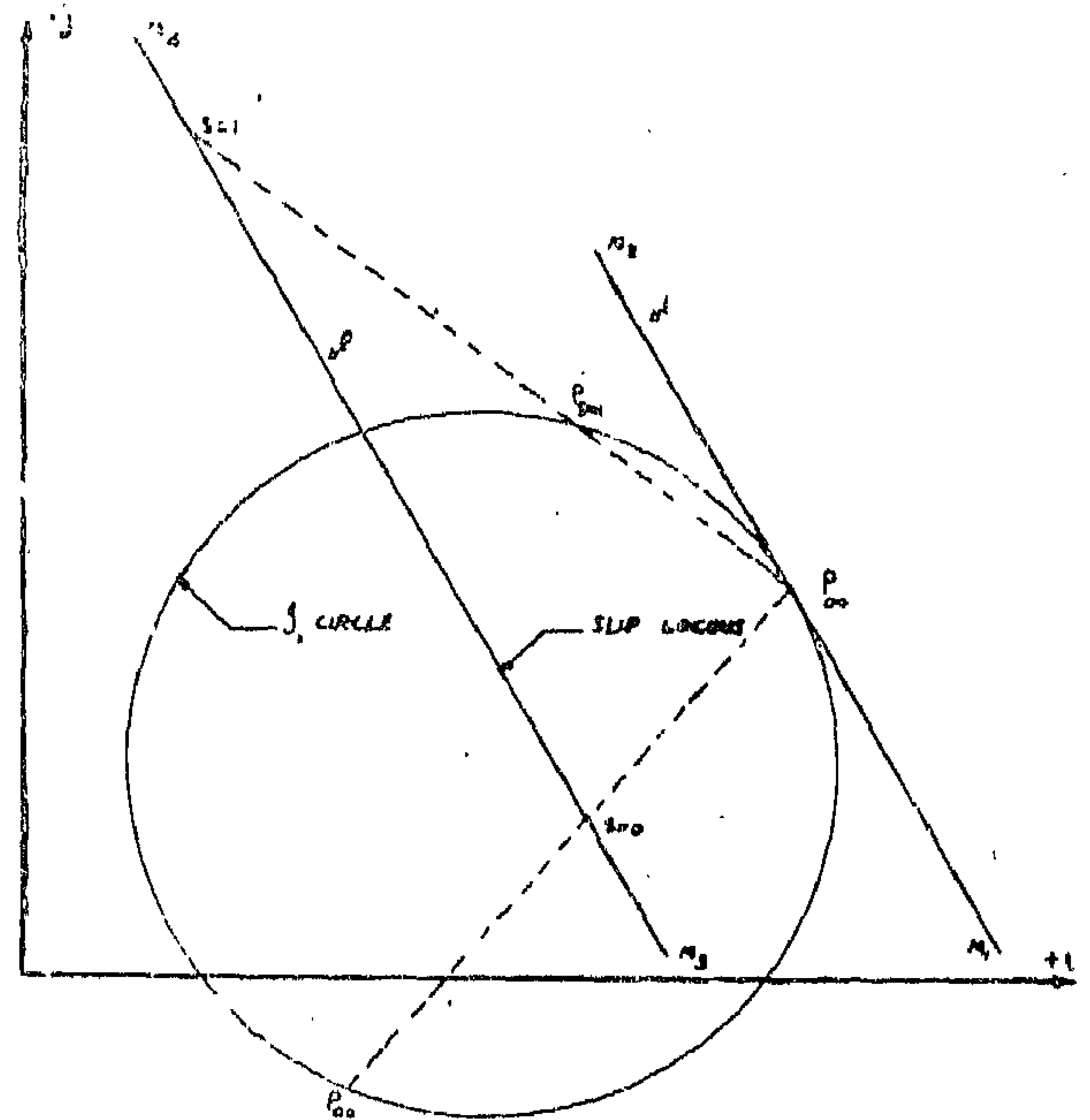


FIG. 6. Slip Locus

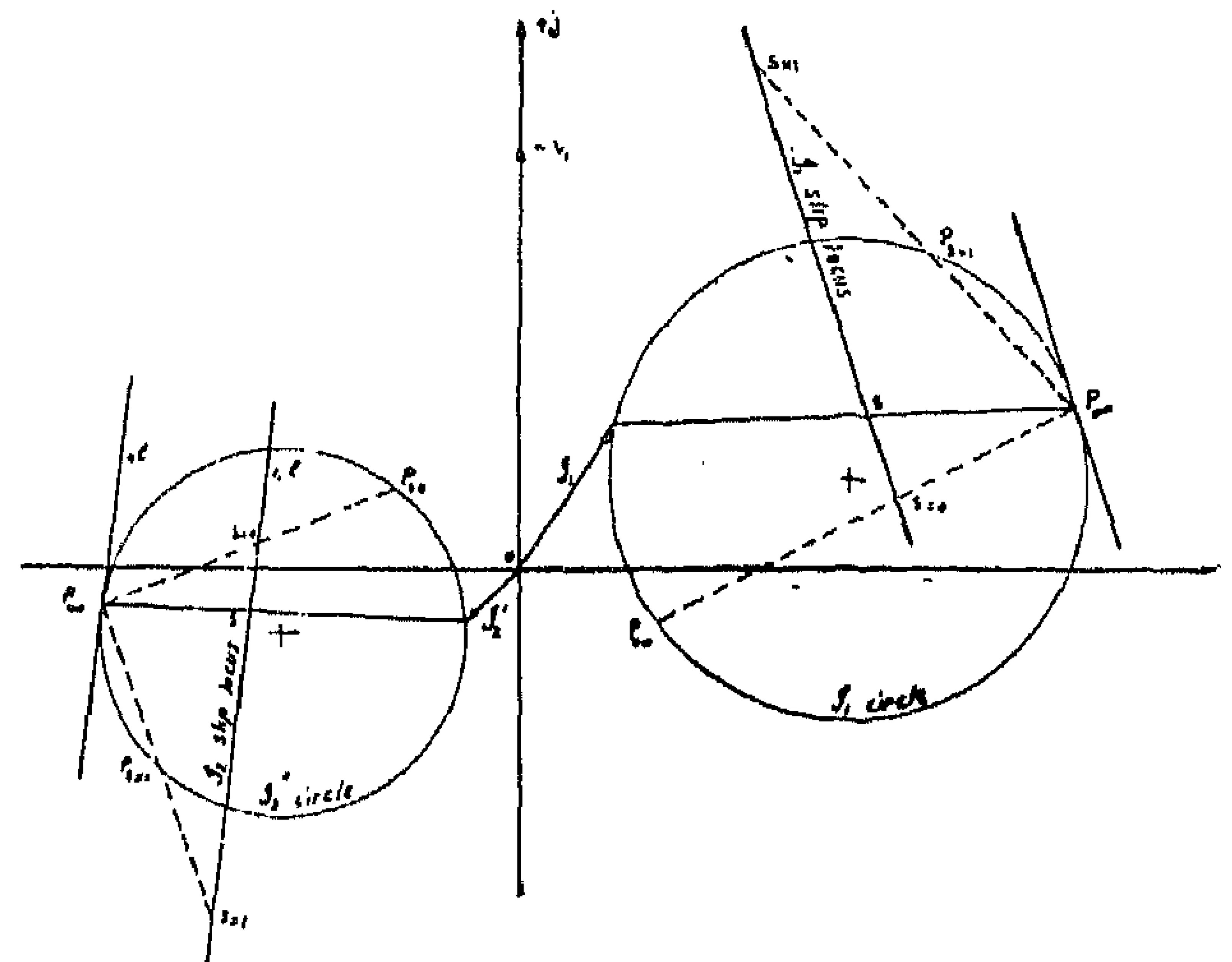


FIG. 7. Determination of the Primary and Secondary Currents from the Current Locii.

$\nu = \epsilon + \psi \pm \mu$ where

$$\epsilon = \tan^{-1} \frac{X_{11} + X_{1L}}{R_1}$$

$$\mu = \text{arc sin} \frac{\frac{-h}{2m} \cos \psi + \frac{g}{2m} \sin \psi}{\sqrt{(\frac{h}{2m})^2 + (\frac{g}{2m})^2 - \frac{n}{m}}}$$

Equation (20) shows that the equivalent circuit is as that shown in figure (4). The only variable with the load is the angle ν which can be evaluated for any loading condition.

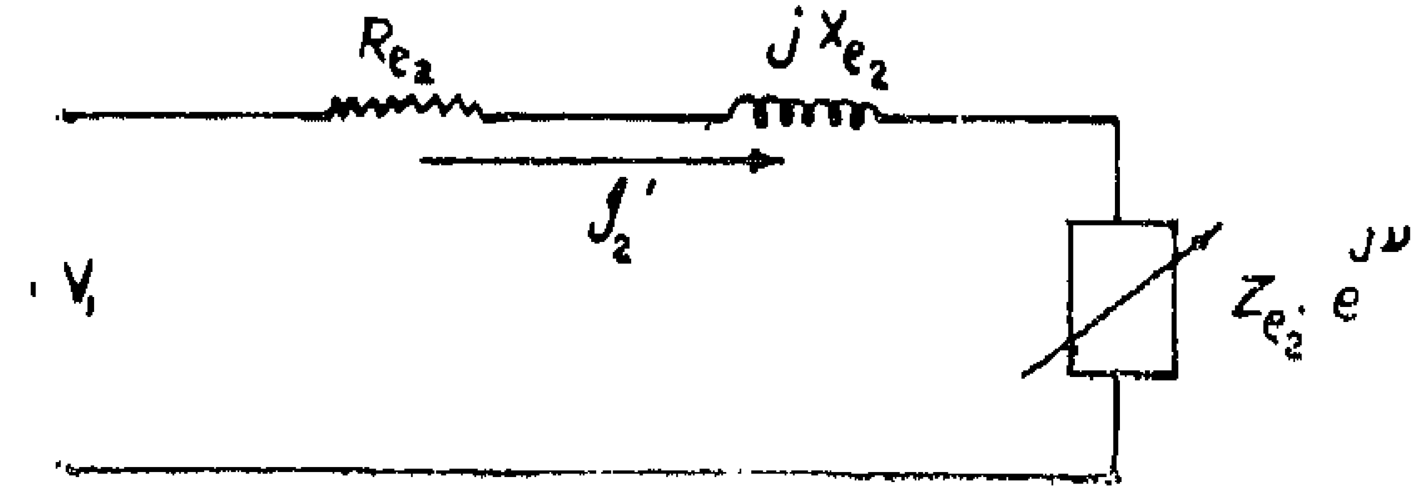


FIG. 4. Secondary Current equivalent Circuit.

(5) GRAPHICAL SOLUTION

Consider equation (17) and let $Z_1 = R_{e1} + jX_{e1} + Z_{e1} \cdot e^{J\Phi}$. Since Φ is the only variable, therefore the locus of Z_1 is a circle having the following co-ordinates :—

$x = R_{e1}$, $y = X_{e1}$ and radius $R = Z_{e1}$

By applying the principle of inversion, the locus of the admittance Y_1 is also a circle having the following co-ordinates :—

$$x = \frac{R_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2} \qquad y = \frac{-X_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2}$$

$$R = \frac{Z_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2}$$

Since $J_1 = (-V_1) \cdot Y_1$ therefore the locus of J_1 is also a circle with the same co-ordinates and radius as Y_1 circle but multiplied by V_1. Since (Since $(-V_1)$ is usually drawn along the + j axis, therefore if V_1Y_1 circle is rotated in an anti-clockwise direction 90°, J_1 circle will be obtained w . r . t . $(-V_1)$ as shown in fig. (5).

$\therefore$ co-ordinates of J_1 circle are :—

$$x = \frac{X_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2} \cdot V_1$$

$$y = \frac{R_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2} \cdot V_1$$

$$R = \frac{Z_{e1}}{R_{e1}^2 + X_{e1}^2 - Z_{e1}^2} \cdot V_1$$

Similarly, equation (20) shows that the

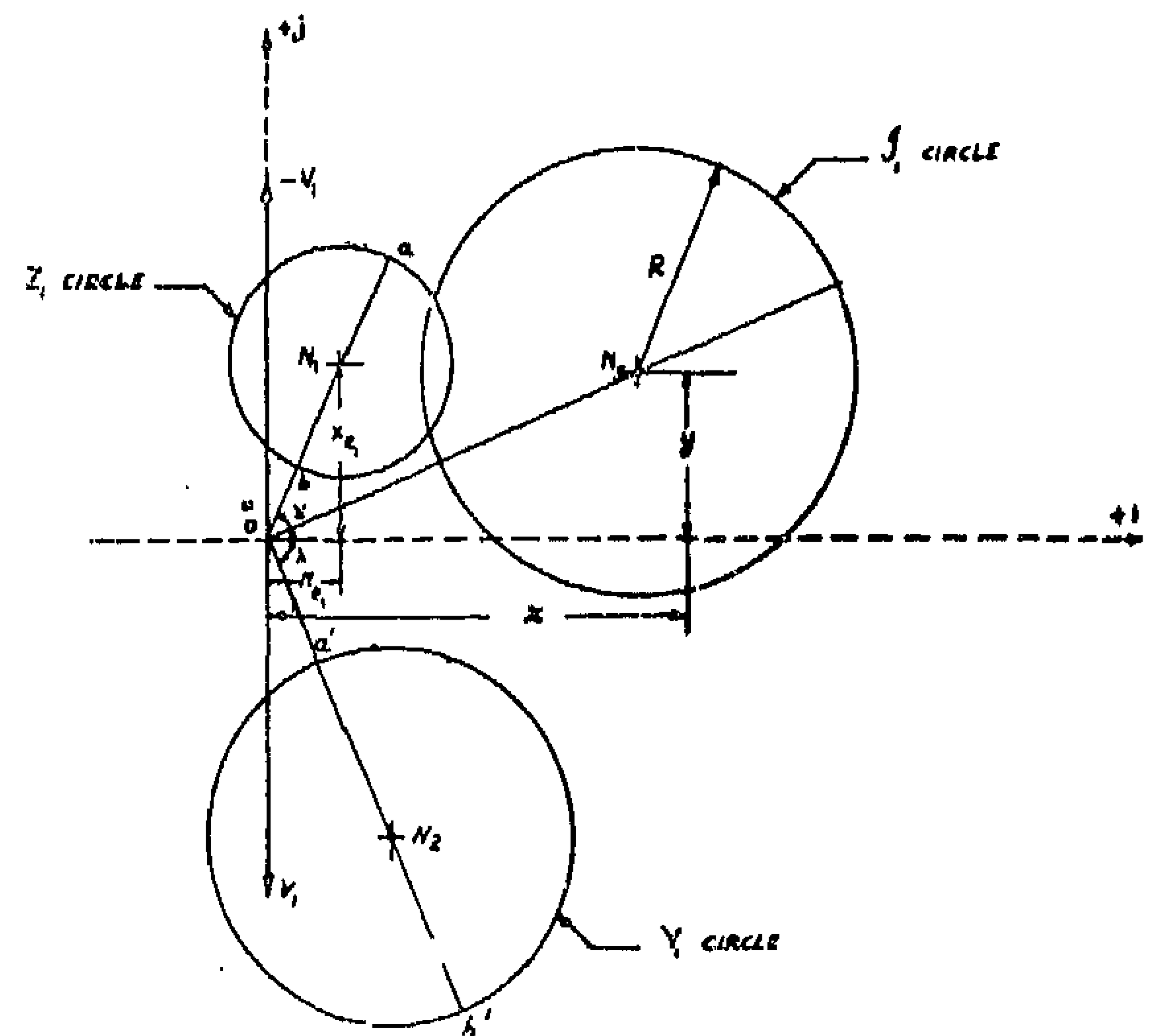


FIG. 5. Impedance and current locii of the machine.

locus of J_2' is also a circle with co-ordinates :

$$x = \frac{X_{e2}}{R_{e2}^2 + X_{e2}^2 - Z_{e2}^2} \cdot V_1$$

$$y = \frac{R_{e2}}{R_{e2}^2 + X_{e2}^2 - Z_{e2}^2} \cdot V_1$$

$$R = \frac{Z_{e2}}{R_{e2}^2 + X_{e2}^2 - Z_{e2}^2} \cdot V_1$$

Slip Locus :

Equation (12) can be put in the following form :—

$$\frac{J_1}{-V_1} = \frac{A + jB}{C + jD} = \frac{K_1 + K_2 \cdot s}{K_3 + K_4 \cdot s} \quad \dots \quad \dots \quad (21)$$

From relations (15) and (16) we get :—

$$\therefore \quad [j (X_{12} + rX_{13} \cos \rho) + rX_{13} \sin \rho] \, . \, P.e^{-j\psi}$$

$$= (A_1 + B_2) + j(A_2 - B_1) + (B_4 + jA_4)$$

$$[\cos (\psi \mp \Theta) - j \sin (\psi \mp \Theta)]$$

$$= (A_1 + B_2 + j (A_2 - B_1) + \sqrt{B_4^2 + A_4^2} \, . \, e^{j [\tau - (\psi) \pm \Theta)]}$$

where : $\tan \tau = \dfrac{A_4}{B_4} = \dfrac{X_{12} + rX_{13} \cos \rho}{r X_{13} \sin \rho}$

let $\Phi = \tau - (\psi \mp \Theta)$

∴ Substituting the above evaluation in equation (11′) we get :—

$$- V_1 = J_1 \, . \, (R_{e1} + jX_{e1} + Z_{e1} \, . \, e^{j\Phi}) \quad (17)$$

where :

$$R_{e1} = R_1 - (X_{12} + rX_{13} \cos \rho) \frac{h}{2n} - rX_{13} \sin \rho \, . \, \frac{g}{2n}$$

$$X_{e1} = X_{1L} + X_{11} + rX_{13} \cos \rho) \frac{h}{2n} - (X_{12} + rX_{13} \cos \rho) \frac{g}{2n}$$

$$Z_{e1} = \frac{1}{2n} \times \sqrt{[X_{12} + rX_{13} \cos \rho)^2 + r^2 X_{13}^2 \operatorname{Sin}^2 \rho] \, [h^2 + g^2 - 4 \, mn]}$$

Equation (17) gives an equivalent circuit of the machine as that shown in figure (3). This circuit is composed of a resistance R_{e1}, a reactance X_{e1} and a variable impedance Z_{e1} $e^{j\Phi}$. The magnitude of Z_{e1} is constant and the only variable with load is the angle Φ. The terms R_{e1}, X and Z_{e1} are constants depending on the brush opening 2γ, the brush shift angle and the different inductances and resistances of the machine.

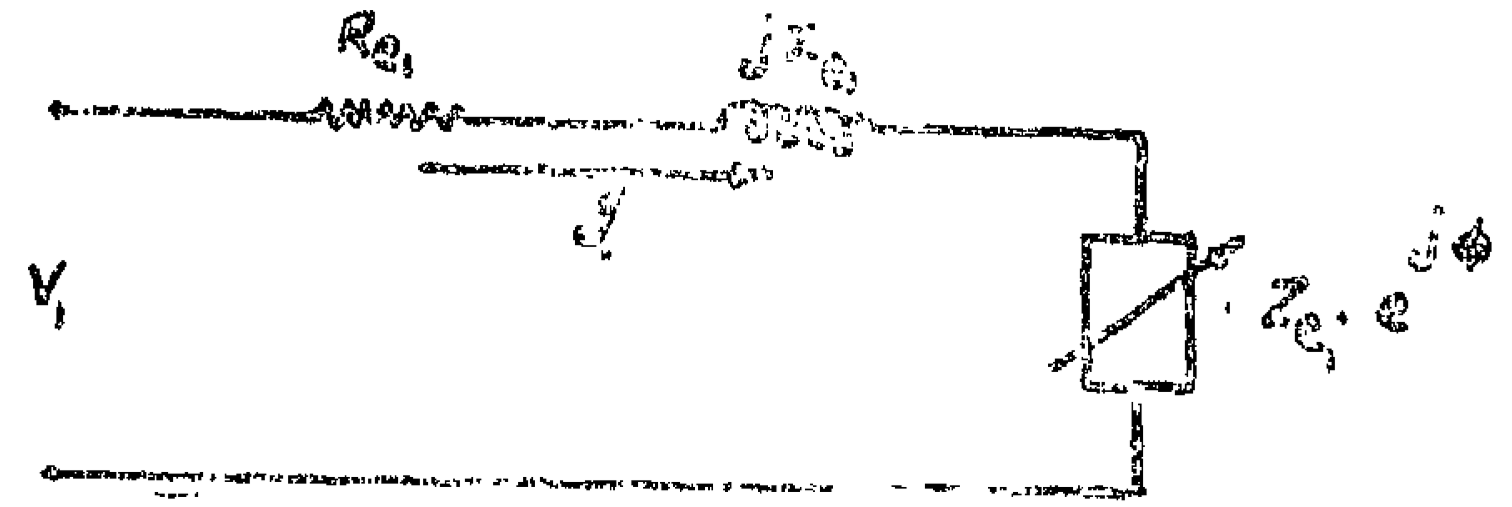


FIG. 3. Primary Current equivalent Circuit.

(4.2) Equivalent circuit of the machine in terms of the Secondary Current

Relation (11) can be written as :—

$$- V_1 = J_2' \, . \, [j (X_{12} + rX_{13} \, . \, e^{-j\rho}) + + \frac{1}{P} \, . \, e^{j\psi} \, . \, \{ R_1 + j (X_{1L} + X_{11}) \}] \quad \ldots \quad (18)$$

and from equation (10) we get :—

$$(\frac{1}{p})^2 m + \frac{1}{p} (h \sin \omega + g \cos \omega) + n = o \quad \ldots \quad (19)$$

Applying the same procedure used in (4.1) for the evaluation of equation (18) we get :—

$$-V_1 = J_2' \, . \, (R_{e2} + j X_{e2} + Z_{e2} \, . \, e^{j\nu}) \quad (20)$$

where :—

$$R_{e2} = (X_{1L} + X_{11}) \frac{h}{2m} - R_1 \, . \, \frac{g}{2m} + rX_{13} \sin \rho$$

$$X_{e2} = -R_1 \, . \, \frac{h}{2m} - (X_{1L} + X_{11}) \frac{g}{2m} + (X_{12} + rX_{13} \cos \rho)$$

$$Z_{e2} = \frac{}{2m} \sqrt{[R_1^2 + (X_{1L} + X_{11}))^2] \, [h^2 + g^2 - 4 \, mn]}$$

From equation (11), (12) and (14) the primary and secondary currents can be calculated for any value of the load angle "ψ" or slip "s".

(4) EXACT EQUIVALENT CIRCUITS OF THE MACHINE

(4.1) Equivalent Circuit of the machine in terms of the primary Current

From relations (10) and (11) we have :—

$$P = -\frac{h\sin\psi + g\cos\psi}{2n} \pm \sqrt{\left(\frac{h\sin\psi + g\cos\psi}{2n}\right)^2 - m/n} \quad \ldots \quad (10')$$

$$-V_1 = J_1 . [R_1 + j(X_{1L} + X_{11}) + \{j(X_{12} + rX_{13}\cos\rho) + rX_{13}\sin\rho)\} P . e^{-j\psi}] \quad \ldots \quad (11')$$

Let :—

$$(X_{12} + rX_{13}\cos\rho) . P = A_1\sin\psi + A_2\cos\psi \pm \sqrt{(A_1 \sin\psi + A_2\cos\psi)^2 + A_3^2}$$

where :—

$$A_1 = -(X_{12} + rX_{13}\cos\rho)\frac{h}{2n}$$

$$A_2 = -(X_{12} + rX_{13}\cos\rho)\frac{g}{2n}$$

$$A_3^2 = -(X_{12} + rX_{13}\cos\rho)^2\frac{m}{n}$$

$$\therefore (X_{12} + rX_{13}\cos\rho) P = $$

$$= A_1\sin\psi + A_2\cos\psi \pm \sqrt{A_1^2(1-\cos^2\psi) + A_2^2(1-\sin^2\psi) + 2A_1A_2\sin\psi\cos\psi + A_3^2}$$

$$= A_1\sin\psi + A_2\cos\psi + A_4\cos\Theta$$

where :—

$$A_4 = \therefore \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}$$

$$\text{and } \Theta = \text{arc sin}\frac{A_1\cos\psi - A_2\sin\psi}{+\sqrt{A_1^2+A_2^2+A_3^2}}$$

$$= \text{arc sin}\frac{\frac{-h}{2n}\cos\psi + \frac{g}{2n}\sin\psi}{\sqrt{\left(\frac{h}{2n}\right)^2 + \left(\frac{g}{2n}\right)^2 - \frac{m}{m}}}$$

provided that $\left(\frac{\pi}{2} \geqslant \Theta \geqslant -\frac{\pi}{2}\right)$

$$\therefore j(X_{12} + rX_{13}\cos\rho)\, p . e^{-j\psi} = (A_1\sin\psi + A_2\cos\psi + A_4\cos\Theta)(\sin\psi + j\cos\psi)$$

By solving this relation we get :—

$$j(X_{12} + rX_{13}\cos\rho)\, P . e^{-j\psi} = [A_1 - \cos\psi(A_1\cos\psi - A_2\sin\psi) + A_4\sin\psi . \cos\Theta]$$

$$+ j[A_2 + \sin\psi . (A_1\cos\psi - A_2\sin\psi) + A_4\cos\psi . \cos\Theta]$$

$$= (A_1 + jA_2) + A_4 . [(\sin(\psi \mp \Theta) + j\cos(\psi \mp \Theta)] \quad \ldots \quad (15)$$

By a similar method, it is found that :—

$$rX_{13}\sin\rho . P . e^{-j\psi} = (B_2 - jB_1) - jB_4 . [\sin(\psi \mp \Theta) + j\cos(\psi \mp \Theta)] \quad \ldots \quad (16)$$

where :—

$$B_1 = -rX_{13}\sin\rho . \frac{h}{2n},\quad B_2 = -rX_{13}\sin\rho . \frac{g}{2n},$$

$$B_3^2 = -r^2X_{13}^2\sin^2\rho . \frac{m}{n},$$

$$B_4 = \pm\sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}$$

$$-V_3' = J_2' . [r^2R_3 + jr^2 X_{3L} + j \{ (r^2X_{33} + r . X_{23} . e^{j\rho} + \frac{r}{p} . X_{13} . e^{j(\psi+\rho)} \}]$$

$$= J_2' . (r^2R_3 + jr^2X_{3L}) - E'_3 \quad \dots \quad (9)$$

Since winding 2 and 3 are in series and constitute one closed circuit

therefore $(-V_2') + (-V_3') = o$

$$\therefore \quad o = J_2^- [R_2 + r^2R_3 + j\frac{1}{P} (sX_{12}\, e^{j\psi} + rX_{13} . e^{j(\psi+\rho)}) +$$

$$+ j \{s (X_{2L} + X_{22} + rX_{23} . e^{-j\rho} + r^2 (X_{3L} + X_{33}) + rX_{23} . e^{+j\rho} \}$$

But since $J_2' \neq o$, therefore the quantity between brackets in the above equation should be equal to zero. Equating the real and imaginary parts in that equation and arranging the terms together, we get two solutions : one in terms of the load angle "ψ" and the other in terms of slip "s" as follows :—

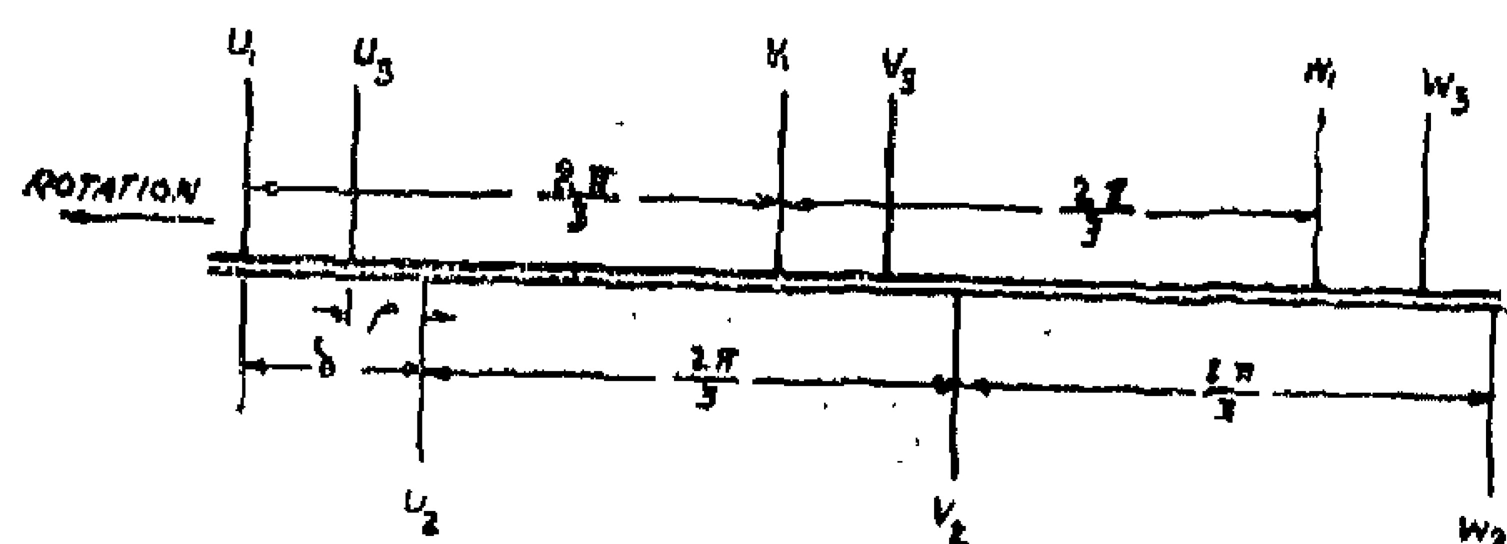


FIG. 2. Relative position of the Magnetic Axes of the 9 Phases at time "t".

The first solution gives a quadratic equation in "P" which can be written as :—

$$P^2 . n + P . (h \sin \psi + g \cos \psi) + m = o \quad (10)$$

where :—

$n = [rX_{23} \sin \rho - (R_2 + r^2R_3)]$
$(X_{2L} + X_{22} + rX_{23} \cos \rho) +$
$+ r^2X^2_{23} . \sin \rho . \cos \rho + r^3X_{23}$
$(X_{3L} + X_{33}) . \sin \rho$

$h = rX_{13} \cos \rho . (X_{2L} + X_{22} + rX_{23} \cos \rho)$
$- X_{12} [rX_{23} \cos \rho + r^2 (X_{3L} + X_{33})]$
$- r^2X_{13} . X_{23} . \sin \rho^2$

$g = rX_{13} \sin \rho . (X_{2L} + X_{22} + rX_{23} \cos \rho) +$
$+ r^2X_{13} X_{23} \sin \rho . \cos \rho$
$- X_{12} . (R_2 + r^2R_3 - rX_{23} \sin \rho)$

$m = rX_{12} . X_{13} \sin \rho$.

The solution of equation (10) gives two values for P . substituting these values in equation (7) we get :—

$$- V_1 = J_1 . [R_1 + j (X_{1L} + X_{11}) +$$

$$+ j (X_{12} + rX_{13}\, e^{-j\rho} . e^{-j\psi} . \times$$

$$\{ -\frac{h \sin \psi + g \cos \psi}{2n} \pm \sqrt{(\frac{h \sin \psi + g \cos \psi}{2n})^2 - \frac{m}{n}} \}] \quad \dots \quad (11)$$

The second solution which is in terms of slip "s" is :—

$$- V_1 = \frac{C + jD}{A + jB} . J_1 \quad \dots \quad (12)$$

where:

$A = R_2 + r^2R_3 - rX_{23} \sin \rho + s. r X_{23} \sin \rho$
$B = rX_{23} \cos \rho + r^2 (X_{3L} + X_{33}) + s (X_{2L} + X_{22} + r X_{23} \cos \rho)$
$C = AR_1 - B (X_{1L} + X_{11}) + sX^2_{12} + r^2 X_{13}^2 + r X_{12} X_{13} (1 + S) \text{ Cos } \rho$
$D = B.R_1 + A (X_{1L} + X_{11}) + + rX_{12}X_{13} (1 - s) \sin \rho \quad \dots \quad (13)$

and in terms of the secondary current J_2' :—

$$- V_1 = \frac{C + jD}{rX_{13} \sin \rho - j (sX_{12} + rX_{12} \cos \rho)} . J_2' \quad \dots \quad (14)$$

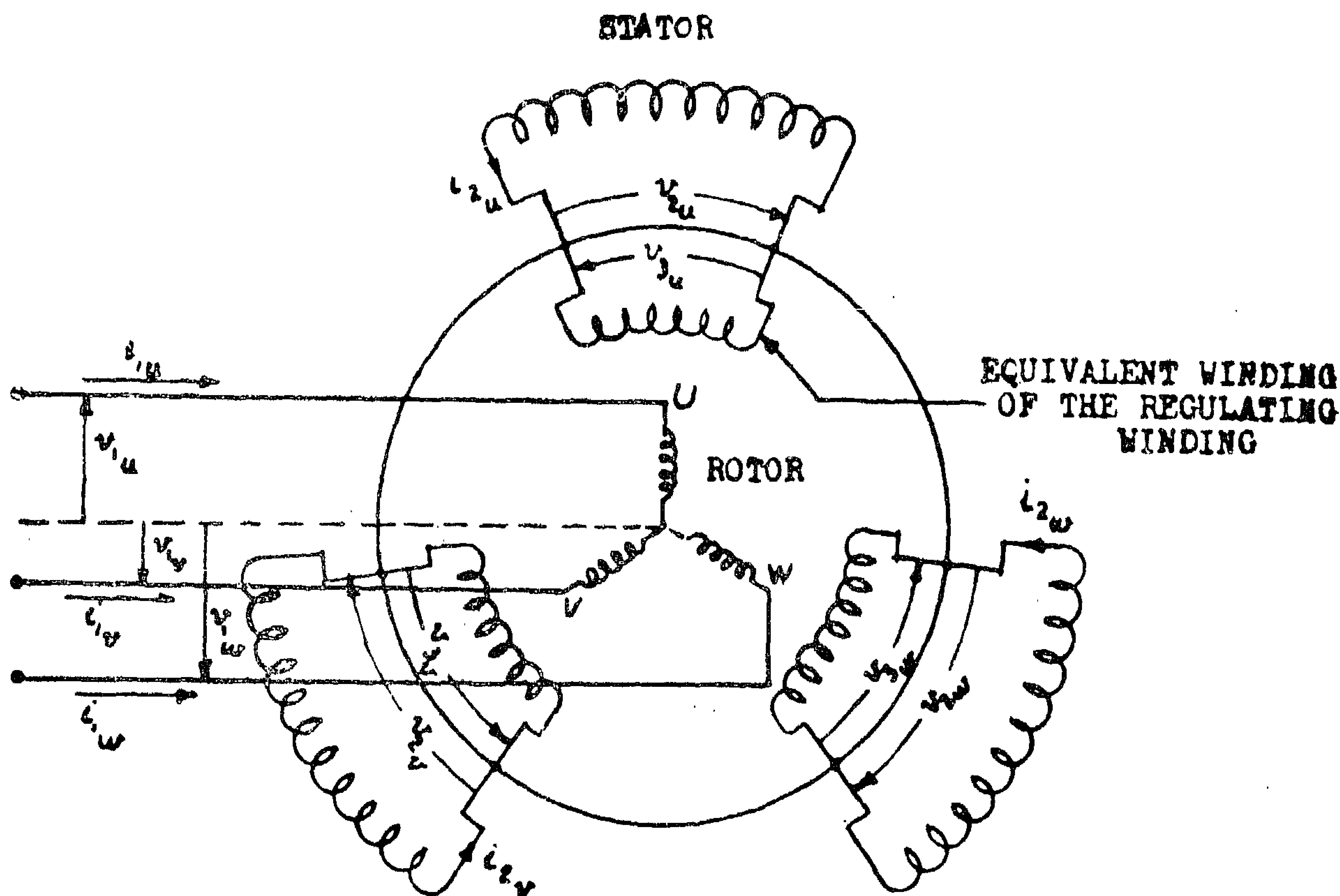


FIG. 1. Equivalent Connection Diagram of the Machine.

$$X_{1L} + X_{11} = \omega L_{11}\Delta \qquad \text{and } X_{12} = k \,.\, \omega M_{12}\Delta$$

$$X_{2L} + X_{22} = K^2 \,.\, \omega L_{22}\Delta \qquad \text{and } X_{13} = \frac{K}{r} \,.\, \omega M_{13}\Delta_0$$

$$X_{3L} + X_{33} = \frac{k^2}{r^2}\, \omega L_{33}\Delta_0 \qquad \text{and } X_{32} = \frac{K^2}{r} \,.\, \omega M_{32}\Delta_0$$

assuming $P = \dfrac{I_2'}{I_1'}$ and $\psi = \alpha\text{-}\beta$

and substituting all the above terms in equation (4), (5) and (6') we get :—

$$- V_1 = J_1 \,.\, [\, R_1 + j\, X_{1L} + j\, \{ (X_{11} + P \,.\, e^{-j\psi} (X_{12} + r\, X_{13} \,.\, e^{-j\rho})) \}\,]$$

$$= J_1 \,.\, (R_1 + j\, X_{1L}) - E_1 \qquad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (7)$$

where E_1 = e. m. f. induced in winding 1.

$$- V_2' = J_1 \,.\, [\, R_2 + j\, s X_{2L} + j\, [\, (sX_{22} + srX_{32} \,.\, e^{-j\rho} + sX_{12} \,.\, \frac{1}{P} \,.\, e^{-j\psi} \}\,]$$

$$= J_2' \,.\, (R_2 + j\, sX_{2L}) - E_2' \qquad \dots \dots \quad (8)$$

$$L_{11}\triangle = L_{11} - M_{11} \;, \qquad L_{22}\triangle = L_{22} - M_{22} \qquad L_{33}\triangle = L_{33} - M_{33}$$

= The apparent polyphase inductance of the winding indicated by subscript

$$M_{21}\triangle = \frac{3}{2} M_{21} \;, \qquad M_{31}\triangle = \frac{3}{2} M_{31} \qquad M_{32}\triangle = \frac{3}{2} M_{32}$$

= the apparent polyphase mutual inductance between the winding indicated by subscripts.

It should be noticed that the polyphase self and mutual inductances

$L_{33}\triangle$, $M_{23}\triangle$, $M_{13}\triangle$, $M_{32}\triangle$ and $M_{31}\triangle$ appearing in equations (4), (5) and (6) refer to the equivalent regulating winding as assumed before. The introduction of this equivalent winding has resulted in simplifying the formulation of the problem and enabled the deduction of the above equations,

However, the presence of the commutator as an ideal frequency changer between the actual regulating winding and the stator winding must now be taken into consideration. This can be easily achieved by considering the variation of the above mentioned five inductances relating to the regulating winding. In the first place they are functions of the brush opening, a fact which will be discussed in details later. Further, the effect of the commutator results that some of them are functions of the slip. It can be proved that $M_{32}\triangle$ and $M_{31}\triangle$ are independent of the slip, while $L_{33}\triangle$, $M_{23}\triangle$ and $M_{13}\triangle$ are inversely proportional to the slip. Therefore, if we denote the value of these inductances at standstill by $L_{33}\triangle_o$, $M_{23}\triangle_o$ and $M_{13}\triangle_o$ respectively, we have for any slip s :—

$$L_{33}\triangle_o = s.\ L_{33}\triangle \quad \text{and} \quad M_{23}\triangle_o = s.\ M_{23}\triangle \text{ and } M_{13}\triangle_o = s.\ M_{13}$$

∴ equation (6) becomes :—

$$- \; V_3 = [r_3 + j\,(\omega L_{33}\triangle_o + \omega M_{23}\triangle_o \,.\, e^{j\rho}) \;]\; J_2 + j\,\omega) M_{13}\triangle_o \,.\, e^{j\rho} \,.\, J_1 \qquad \ldots \quad (6')$$

(3.2) Solution of Fundamental Equations

As it is customary in the analysis of electrical machines to split the self inductance of each winding into two components : one due to the flux in the leakage paths and the other due to the mutual flux, therefore equations (4), (5) and (6) will be expressed in such new terms.

In order to simplify the analysis all the resistances, reactances voltages and currents will be referred to the primary winding side. Further, the reactances of the regulating winding, which will vary with the brush opening, are given in the general form for a brush opening of $2\,\gamma$ which are governed by the following relation :—

$$r = r_{max} \,.\, \sin \gamma$$

where r_{max} is the value of "r" for a brush opening of 180° electrical degrees. Therefore, the relations between the old and new terms are summarized as :—

$$R_1 = r_1 \,,\; R_2 = K^2 \,.\, r_2 \,,\; R_3 = \frac{K^2}{r^2} \,.\, r_3$$

$M_{2u3u} = M_{23} \cdot \cos \rho$

$M_{2v3u} = M_{23} \cdot \cos (\rho + 120°)$

$M_{2w3u} = M_{23} \cdot \cos (\rho + 240°)$

and $M_{3u2u} = M_{32} \cdot \cos (360° - \rho)$

and $M_{3v2u} = M_{32} \cdot \cos (120° - \rho)$

and $M_{3w2u} = M_{32} \cdot \cos (240° - \rho)$

where M_{12}, M_{13}, M_{23}, M_{21}, M_{31}, and M_{32} are maximum values of mutual inductances between the wind-wings denoted by the subscripts. Also, due to the symmetry of the machine, we get: $M_{21} = M_{12}$, $M_{32} = M_{23}$ and $M_{31} = M_{13}$.

The angle δ is a function of the angular speed of rotation ω_r of the machine, and is given by the following relation :—

$\delta = \int \omega_r \cdot dt$

$= \omega_r \cdot t + \delta_0$ under steady state conditions, where :

$\delta_0 = (\delta)_{t=o}$ = an arbitrary constant which may be taken equal to zero

$\therefore \; \delta = \omega_r \cdot t = (1 - s)\, \omega\, t$

The primary and secondary currents and voltage can be represented either in trignometric or exponential forms as follows :

$i_{1u} = I_1 \cdot \sin (\omega t + \alpha) = J_1\, e^{j \omega t}$

$i_{1v} = I_1 \cdot \sin (\omega t + \alpha - 120°)$

$= J_1\, e^{j (\omega t - 120°)}$

$i_{1w} = I_1 \cdot \sin (\omega t + \alpha - 240°)$

$= J_1 \cdot e^{j (\omega t - 240°)}$

$i_{2u} = I_2 \cdot \sin (\omega t + \beta) = J_1 \cdot e^{j s \omega t}$

$i_{2v} = I_2 \cdot \sin (s\omega t) + \beta - 120°)$

$= J_2 \cdot e^{j (s\omega t - 120°)}$

$i_{2w} = I_2 \cdot \sin (s\omega t) + \beta - 240°)$

$= J_2 \cdot e^{j (s\omega t - 240°)}$

and :

$v_{1u} = v_1 \cdot e^{j\lambda_1} \cdot e^{j\omega t} = V_1 \cdot e^{j\omega t}$

$v_{2u} = v_2 \cdot e^{j\lambda_2} \cdot e^{js\omega t} = V_2 \cdot e^{js\omega t}$

$v_{3u} = - v_2 \cdot e^{j\lambda_2} \cdot e^{js\omega t}$

$= - V_2 \cdot e^{js\omega t} = V_3 \cdot e^{js\omega t}$

where :—

α, β and λ_1, λ_2 are the phase angles of the currents and voltages respectively, all referred to an arbitrary time origin.

Substituting the above expressions of currents, voltages and mutual inductances in equation (1), (2) and (3) and solving them we get at the end three fundamental equations :

$$- V_1 = (r_1 + j\omega\, L_{11}\Delta) \quad J_1 + j\, (\omega\, M_{21}\Delta + \omega M_{31}\Delta \cdot e^{-j\rho})\, J_2 \qquad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

$$- V_2 = [r_2 + j\, (s\omega L_{22}\, \Delta + s\omega M_{32}\, \Delta \cdot e^{-j\rho})]\, J_2 + js\omega\, M_{12} \cdot J_1 \qquad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

where :

$$- V_3 = [r_3 + j\, (s\omega L_{33}\, \Delta + s\omega M_{23}\, \Delta \cdot e^{j\rho})]\, J_2 + js\omega\, M_{13} \cdot e^{j\rho} \cdot J_1 \qquad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

$$- v_{2w} = i_{2w} \, . \, r_2 + \frac{d}{dt} [\, i_{2w} \, . \, L_{22} + (i_{2u} + i_{2v}) \, M_{22} \,]$$
$$+ \frac{d}{dt} (i_{1u} \, . \, M_{1u2w} + i_{1v} \, . \, M_{1v2w} + i_{1w} \, . \, M_{1w2w})$$
$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \, . \, M_{3u2w} + i_{2v} \, . \, M_{3v2w} + i_{2w} \, . \, M_{3w2w}) \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

c.—Equivalent Regulating Winding :—

$$- v_{3u} = i_{2u} \, . \, r_3 + \frac{d}{dt} [i_{2u} \, . \, L_{33} + (i_{2v} + i_{2w}) \, M_{33}]$$
$$+ \frac{d}{dt} (i_{1u} \, . \, M_{1u3u} + i_{1v} \, . \, M_{1v3u} + i_{1w} \, . \, M_{1w3u})$$
$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \, . \, M_{2u3u} + i_{2v} \, . \, M_{2v3u} + i_{2w} + M_{2w3u})$$
$$- v_{3v} = i_{2v} \, . \, r_3 + \frac{d}{dt} [i_{2v} \, . \, L_{33} + (i_{2w} + i_{2u}) \, M_{33}]$$
$$+ \frac{d}{dt} (i_{1u} \, . \, M_{1u\,3v} + i_{1v} \, . \, M_{1v3v} + i_{1w} \, . \, M_{1w3v})$$
$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} \, . \, M_{2u3v} + i_{2v} \, . \, M_{2v3v} + i_{2w} \, . \, M_{2w3v})$$

$$- v_{3w} = i_{2w} \, . \, r_3 + \frac{d}{dt} [i_{2w} \, . \, L_{33} + (i_{2u} + i_{2v}) \, M_{33}]$$
$$+ \frac{d}{dt} (i_u \, . \, M_{1u3w} + i_{1v} \, . \, M_{1v} \, . \, M_{1v\,3w} + i_{1v} \, . \, M_{1v} \, . \, M_{1w3w})$$
$$+ \frac{d}{dt} (i_{2v} \, . \, M_{2u3w} + i_{2v} \, . \, M_{2v3w} + i_{2w} \, . \, M_{2w3w}) \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

The above 9 differential equations constitute the main relations between the rotor, stator and equivalent regulating winding currents and voltages. They include terms which are functions of the mutual inductances between these three windings.

The mutual inductances between the stator and rotor windings are co-sinusoidal functions of the angle δ, as shown in figure (2). Similarly the mutual inductances between the stator and the regulating windings are functions of the angle ρ, while those between the rotor and regulating windings are functions of the angle $(\delta - \rho)$

$$\therefore \quad M_{2u1u} = M_{21} \, . \, \cos \delta \qquad \text{and } M_{1u2u} = M_{12} \, . \, \cos (360° - \delta)$$
$$M_{2v1u} = M_{21} \, . \, \cos (\delta + 120°) \qquad \text{and } M_{1v2u} = M_{12} \, . \, \cos (120° - \delta)$$
$$M_{2w1u} = M_{21} \, . \, \cos (\delta + 240°) \qquad \text{and } M_{1w2u} = M_{12} \, . \, \cos (240° - \delta)$$
$$M_{3u1u} = M_{31} \, . \, \cos (\delta - \rho) \qquad \text{and } M_{1u3u} = M_{13} \, . \, \cos (360° - \delta + \rho)$$
$$M_{3v1u} = M_{31} \, . \, \cos (\delta - \rho + 120°) \qquad \text{and } M_{1v3u} = M_{13} \, . \, \cos (120° - \delta + \rho)$$
$$M_{3w1u} = M_{31} \, . \, \cos (\delta - \rho + 240'' \qquad \text{and } M_{1w3u} = M_{13} \, . \, \cos (240° - \delta + \rho)$$

(3) EQUATIONS OF PERFORMANCE

(3.1) Derivation of the Differential Equations

Applying Kirchoff's second law for the summing of the voltages in the circuits of rotor, stator and equivalent regulating, windings the following differential equations are obtained :—

a.—Rotor :

$$- v_{1u} = i_{1u} . r_1 + \frac{d}{d_t} [i_{1u} . L_{11} + (i_{1v} + i_{1w}) M_{11}]$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} . M_{2u1u} + i_{2v} . M_{2v1u} + i_{2w} . M_{2w1u})$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} . M_{3u1u} + i_{2v} . M_{3v1u} + i_{2w} . M_{3w1u})$$

$$- v_{1v} = i_{1v} . r_1 + \frac{d}{dt} [i_{1v} . L_{11} + (i_{1w} + i_{1u}) M_{11}]$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} . M_{2u1v} + i_{2v} . M_{2v1v} + i_{2w} . M_{2w1v})$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} . M_{3u1v} + i_{2v} . M_{3v1v} + i_{2w} . M_{2w1v})$$

$$- v_{1w} = i_{1w} . r_{1w} + \frac{d}{dt} [i_{1w} . L_{11} + (i_{1u} + i_{1v}) M_{11}]$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} . M_{2u1w} + i_{2v} . M_{2v1w} + i_{2w} . M_{2w1w})$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} . M_{3u1w} + i_{2v} . M_{3v1w} + i_{2w} . M_{3w1w}) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (1)$$

b.—Stator :

$$- v_{2u} = i_{2u} . r_2 + \frac{d}{dt} [i_{2u} . L_{22} + (i_{2v} + i_{2w}) M_{22}]$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{1u} . M_{1u2u} + i_{1v} . M_{1v2u} + i_{1w} . M_{1w2u})$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} . M_{3u2u} + i_{2v} . M_{3v2u} + i_{2w} M_{3w2u})$$

$$- v_{2v} = i_{2v} . r_2 + \frac{d}{dt} [i_{2v} . L_{22} + (i_{2w} + i_{2u}) M_{22}]$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{1u} . M_{1u2v} + i_{1v} . M_{1v2v} + i_{1w} . M_{1w2v})$$

$$+ \frac{d}{dt} (i_{2u} . M_{3u2v} + i_{2v} . M_{3v2v} + i_{2w} . M_{3w2v})$$

E'_2 and E'_3 = e.m.f. induced in the stator and regulating windings respectively, all referred to winding 1, volt.

(1) DESCRIPTION OF THE MACHINE

The principle of operation of the schrage motor is well motor and is described in detail in the literature. It is based mainly on the principle of speed control of induction machines by injecting a voltage in the secondary circuit having the same frequency as that of the secondary induced e.m.f. For this purpose, the positions of the primary and secondary windings of the ordinary induction motor are reversed i.e. the primary winding (winding 1) is located in the rotor slots and connected to the supply through slip rings, and the secondary winding (winding 2) is located in the stator slots. A third additional winding (winding 3), known as the regulating winding and similar to the armature winding of a D.C. machine is located in the rotor slots and connected to the segments of a commutator. The commutator acts as a frequency changer, changing the frequency of the regulating winding from the supply frequency to that of the induced e.m.f. in winding 2 (the slip frequency). Further, the magnitude and phase relation of the injected voltages can be controlled at will by varying the brush opening and brush shift angles respectively.

(2) METHOD OF ANALYSIS

The machine considered in a symmetrical 3 phase schrage motor fed with balanced polyphase voltages in the rotor.

The mathematical formulation of the problem is achieved by expressing the general differential equations for the three windings of the machine in terms of the resistance, and the self and mutual inductances of these windings. Due to the presence of the commutator, the current flowing in the closed circuit formed by the stator and the regulating winding, must have the same magnitude but its frequency is the supply frequency at the regulating winding side and the slip frequency at the stator winding side.

Therefore the commutator can be considered as an ideal frequency changer i.e. it changes the frequency of the voltages and currents from the supply frequency at the regulating winding side to the slip frequency at the stator side without influencing their magtude or relative phases.

To facilitate the mathematical formulation of the problem, the action of the commutator is neglected for a moment, and the regulating winding is replaced by an equivalent winding i.e. a winding which gives the same M.M.F. for the same brush currents and consists of 3 electrically isolated separate windings placed in the same slots, each connected to one stator phase as shown in figure (1). Hence, the current flowing in the closed circuit formed by the stator and the equivalent regulating winding will be of the slip frequency. The effect of the commutator is then taken into account after solving the main differential equations of the machine, by considering the inductances in conjunction with the equivalent commutator winding to be functions of the slip.

This new approach of mathematical formulation of the commutator winding equations has greatly simplified the solution of such equations.

$V_{1u,v,w}, V_{2u,v,w}, V_{3u,v,w}$ = instantaneous phase values of the primary applied voltage, brush voltage as calculated from the stator circuit and brush voltage as calculated from the equivalent regulating winding side respectively, volt.

2γ = brush opening angle, electrical degrees

σ = brush shiftangle, electrical degrees.

δ = angle between the magnetic axes of each two corresponding phases of the rotor and stator windings, electrical degrees.

ρ = angle between the magnetic axes of each two corresponding phases of the stator and regulating windings, electrical degrees.

s = slip

f = supply frequency,

ω $= 2\pi f$, $\omega_r = 2\pi (1-s) f$

k $= \frac{N_1}{N_2}$ = effective turns ratio between the rotor stator windings.

r $= \frac{N_{3\,max}}{N_2} . \sin\gamma$ = effective turns ratio between the regulating winding and stator.

N_{3max} = effective number of turns of the regulating winding at a brush opening of 180° electrical

R_1, R_2, R_3 = resistances per phase of the rotor, stator and regulating winding respectively, all referred to the primary winding side, ohm.

X_{1L}, X_{2L}, X_{3L} = leakage reactance per phase of windings 1,2 and 3 respectively, all referred to winding 1, and at supply frequency f, ohm.

X_{11}, X_{22}, X_{33} = Self reactance per phase of windings 1, 2, and 3 respectively, all referred to winding 1, and at supply frequency, ohm.

X_{12}, X_{23}, X_{13} = Mutual reactances per phase between the windings indicated by subscripts all referred to winding 1, and at supply frequency, ohm.

J'_2 = secondary current when referred to winding 1, ampere.

A NEW APPROACH TO THE ANALYTICAL FORMULATION OF THE SCHRAGE MOTOR PERFORMANCE

By

M. G. EL-MAGHRABY B. Sc. (Hons.), Dr. Sc. Tech.
Assistant professor, Faculty of Engineering,
Cairo University.

and

A. M. RASHAD, B.Sc., M. Sc., Ph. D.
Electrical Engineer, Egyptian Oil Fields Co.

SUMMARY

In this paper, a new analytical treatment of the Schrage motor is presented. The machine is considered as nine magnetically coupled electric circuits for which nine simultaneous differential equations are set up. Hereby, the commutator winding is replaced by an "equivalent regulating winding", consisting of three separate windings whose inductances are functions of the slip. This concept simplifies the analytical formulation and avoids the simplifying assumptions on which other methods of analysis are based.

This new method of analysis has been checked experimentally and two performance curves are given for sub- and supersynchronous speeds. The comparison of calculated performance with actual test results shows good agreement.

LIST OF SYMBOLS

The rotor, stator and regulating windings are referred to as winding 1, 2, and 3 respectively. Symbols u, v, and w denote the three phases of each winding. Let :—

r_1, r_2, 3_3	= resistance per phase of the rotor, stator and regulating windings respectively, ohm.
L_{11}, L_{22}, L_{33}	= Self inductance per phase of the rotor stator and regulating windings respectively, henery.
M_{11}, M_{22}, M_{33}	= mutual inductances between each two phases of the rotor, stator and regulating windings respectively, henery.
M_{1u2u}, M_{1u3u}, M_{2u3u}	= mutual inductances between the phases of the windings denoted by subscripts, henery.
$i_{1u,v,w}$, $i_{2u,v,w}$	= instantaneous phase values of the primary and secondary currents respectively, ampere.

12. Bahgat, F., "Propeller Curvature of Flow", International Shipbuilding Progress. *Under Publication.*

13. Ludwieg and Ginzel, "On the Theory Screw with Wide Blades", Aerodynamische Versuchsanstall.

Goettingen Report 44/A/08, 1944.

(also) Strassl, "Camber correction for screw Propellers", M.A.P. Voelkenrode, Ref. MAP-VG 90T, 1245.

14. Ginzel, C. I., "Theory of the Broad-Bladed Propeller", C.P. No. 208, A.R.C. Technical Report 1955.

15. Weissinger, J., "The Lift Distribution Report No. 942, 1955.
of Swept Back Wings", N.A.C.A.T.M. No. 1120, 1947.

16. Lerbs, H. W., "Propeller Pitch Correction Arising from Lifting Effect", D.T.M.B.

17. Bahgat, F., "Axial Diagrams of Induced Velocities for Marine Propellers", Proceedings of the)ngineering Societies, Vol. 1, No. 2, Oct. 1962.

18. Bahgat, F.: "Marine Propeller Induced Velocity Field", Proceedings of the Engineering Societies, Vol. II, No. 1, Jan. 1963.

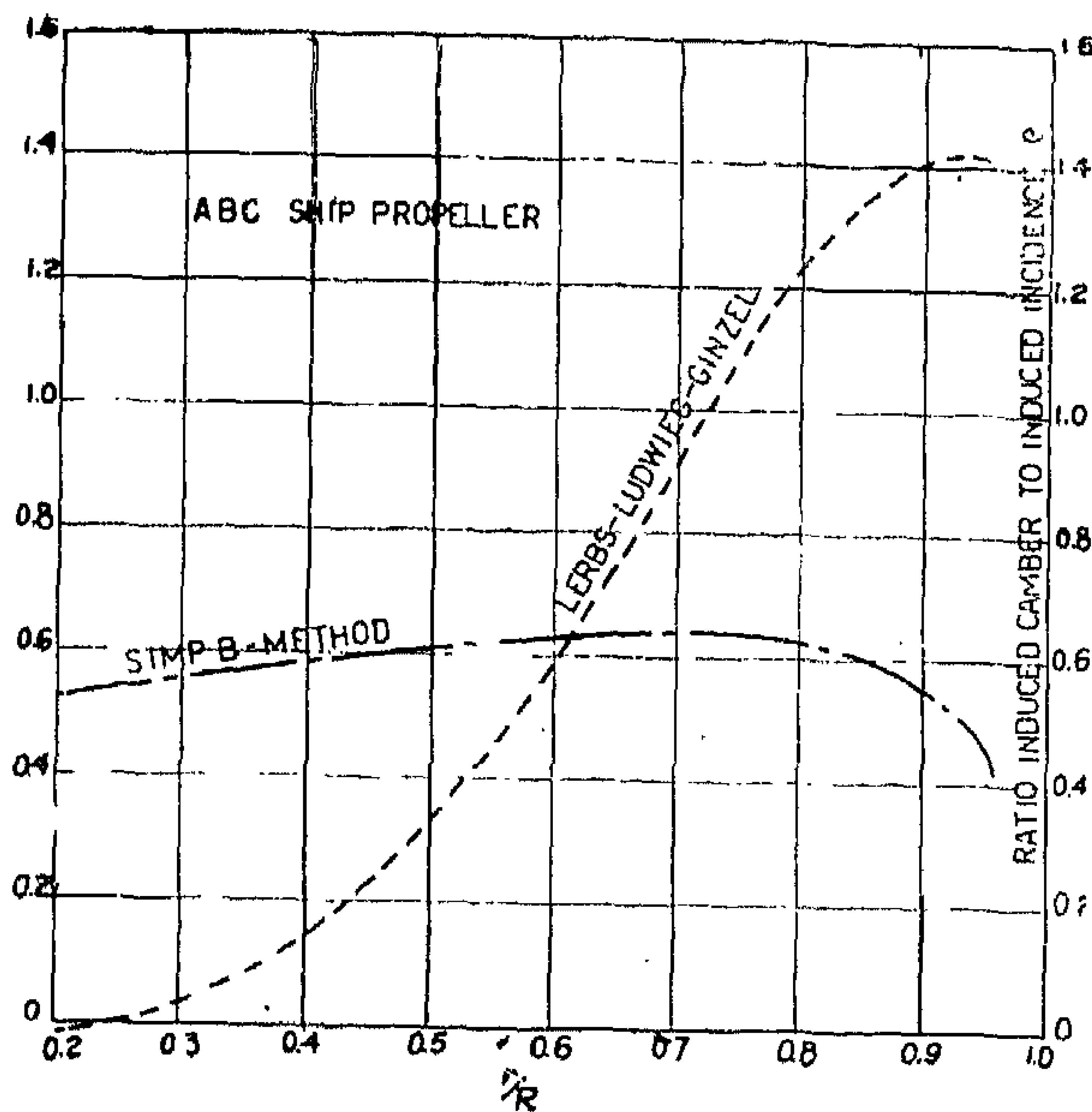


FIG. (21)

simplified B-Method to three different propellers, very close agreement has been found suggesting the use of the simplified B-Method for practical propeller design due to its ease and simplicity of application.

5. The ratio of the induced camber to induced incidence resulting from the application of either than B-Method or the simplified B-Method seems to render a maximum value of 0.75 to 0.85 at about the 0.6 to 0.7 radius sections, with slightly smaller values near both the tip and boss of the propeller blade. On the other hand the same ratio seems to be increasing from root to blade tip in other design methods particularly the Lerbe-Ludwieg-Ginzel mehod.

REFERENCES

1. Eckhardt, M. K. and Morgan, W. B., "A Propeller Design Method", Trans. Society of Naval Arch. and Marine Engineers, 1955.

2. Burrill, L. C. and Yang, C. S. "The Effect of Radial Pitch Variation on the Performance of a Marine Propeller", Trans. Institution of Naval Architects. 1953.

3. Lerbs, H. W., "Mcderately loaded Propellers with Finite Number of Blades and an Arbitrary Distribution of Circulation", Trans. S.N.A.M.E. vol. 60, 1952, pp. 73-117

4. Van Manen J. D. and Troost, L., "The Design of Ship Screws of Optimum Diameter for an Unequal Velocity Field" Trans. S.N.A.M.E. Vol. 60, 1952.

5. Van Lammeren, W. P. A., Troost, L., and Kcning, J. G., "Resistance, Propulsion and Steering of Ships", Haarlem, Holland, 1948.

6. Troost, L., "The Pitch Distribution of Wake-Adapted Marina Propellers", Trans. S.N.A.M.E. Vol. 64, 1956.

7. BURRILL, L. C., "The Optimum Diameter of Marine Propellers : A New Design Approach". Trans. N.E.C.I.E.S, 1955.

8. Van Manen, J. D., "Thrust Deduction and a Proposed Formula For Its Radial Distribution", International Shipbuilding Progress, Vol. 2, No. 8, 1955.

9. Saunders, H. E., "Hydrodynamic in ships Design", Vol. I and II, S.N.A.M.E., 1957.

10. Walchner, "Profile Measurements with Cavitation", Hydro. Probleme des Schiffsantriebes, Vol. 1, Hamburg, 1932.

11. Milam, A. B. and MORGAN, W. B., "Section Moduli and Incipient Cavitation Diagrams for a Number of N.A.C.A. Sections". D.T.M.F., Report No. 1177.

Table (4)

III ABC SHIP PROPELLER — CAMBER AND PITCH DISTRIBUTIONS.

(A) LERBS _ LUDWIES _ GINZEL METHOD

x	Basic pitch (Lerbs)				Lerbs _ Ludwies _ Ginzel Method							Camber ratio	
	$2\pi r$	$\tan\beta_i$	P_Ft	P/D	β_i	α_2	α_1	β_i'	$\tan\beta_i'$	P_Tt	D/D	Eff.Basic m_x/ℓ	Total m_x/ℓ
0.2	12.56	1.7363	21.81	1.090	60.06	3.88	0.65	64.59	2.1050	26 44	1.322	0.0224	0.0213
0.3	18.84	1.1795	22.22	1.101	49.71	3 38	0 74	53.83	1.3678	25 77	1 288	0.0265	0.0284
0.4	25.12	0.8912	22.39	1.119	41.71	2.60	0.74	45.50	1.0018	25.16	1.258	0.0276	0.0341
0.5	31 40	0.7139	22.42	1.121	35.52	1 92	0.69	38.13	0.7849	24.64	1.232	0.0269	0.0379
0.6	37.68	0.5937	22.37	1 118	30.70	1 39	0.63	32.72	0.6425	24.21	1.210	0.0252	0.0403
0.7	43.96	0.5075	22.31	1.115	26.91	1 20	0.55	28 48	0 5425	23.85	1.182	0.0228	0.0403
0 8	50.24	0.4420	22.21	1 110	23 85	0 76	0.47	25.08	0 4680	23.51	1.175	0.0194	0.0361
0.9	56.52	0.3896	22.02	1 101	21.28	0 59	0 40	22.27	0.4095	23.14	1.157	0.0167	0.0312
0.95	59.66	0.3676	21.93	1.096	[illegible].18	0 53	0.36	21.07	0.3853	22.99	1.149	0.0152	0.0282

(B) SIMPLIFIED B _ METHOD (i) CAMBER DISTRIBUTION

x	ℓ	$\sin\beta_i$	x'	$\mathcal{F}_a$ *	μ_a	$\cos\beta$	$\mathcal{F}_a\mu_a\cos\beta$	μ_t	$\mathcal{F}_t$ **	$\sin\beta$	$\frac{\mathcal{F}_t\,\mu_t}{\sin\beta}$	μ_{n*}	V^*	$\frac{\mu_{n*}}{V^*}$	$\frac{\ell}{2}\tan\frac{\alpha}{2}$	$\frac{m x_i}{\ell}$	Eff.Basic m_x/ℓ	Total m_x/ℓ
0.2	4.24	0.8666	0.0917	1.095	2.081	0.6044	1.368	3.614	1.887	0.7985	5.42	6.788	33.56	0.201	0.100	0.0250	0.0224	0.0474
0.3	4.47	0.7627	0.0851	1.095	3.328	0.7381	2.68	3.926	1.815	0.6764	4.81	7.490	41 13	0.182	0.0908	0.0227	0.0265	0.0492
0.4	4.69	0.6653	0.0780	1.095	4.358	0.8207	3.86	3.884	1.750	0.5729	3.86	7.72	49.32	0.157	0.0788	0.0197	0.0276	0.0473
0.5	4.865	0.5810	0.0707	1.102	5.158	0.8722	4.89	3.683	1.655	0.4891	2.96	7.85	57.98	0.136	0.0680	0.017	0.0260	0.0430
0.6	5.010	0.5105	0.0639	1.105	5.795	0.9074	5.79	3.441	1.545	0.4219	2.24	8.03	67.03	0.1197	0.0600	0.015	0.0252	0.0402
0.7	5.098	0.4525	0.0577	1.115	6.267	0.9300	6.47	3.181	1.390	0.3687	1.63	8.10	76.28	0.1062	0.0528	0.0132	0.0228	0.0360
0.8	5.057	0.4034	0.0510	1.145	6.642	0.9455	7.19	2.936	1.205	0.3256	1 15	8.34	85.71	0.0973	0.0488	0.0122	0.0194	0.0316
0.9	4.389	0.3630	0.0398	1.240	7.091	0.9579	8.41	2.763	1.100	0.2876	0.875	9.285	95.37	0.0973	0.0488	0.0122	0.0167	0.0289
0.95	3.509	0.3450	0.0303	1.310	7.233	0.9623	9.11	2.639	1.065	0.2720	0.766	9.876	100.43	0.0985	0.0492	0.0123	0.0152	0.0275

* from (fig. 6) ** from (fig. 7)

where $\mu_{n*} = \mathcal{F}_a\,\mu_a \cos\beta + \mathcal{F}_t\,\mu_t \sin\beta$ and $x' = \frac{\ell}{2\pi}\sin\beta = \ell \sin\beta_i$

(ii) Pitch Distribution.

x	$\frac{\ell}{2}\tan\frac{\alpha}{2}$	$\ell/2$	$\tan\frac{\alpha}{2}$	α_2	α_1	β_i	β_i'	$\tan\beta_i'$	$2\pi r$	P.FT	D/D
0.2	0.100	2.12	0.0472	2.70	0 65	60.06	63.41	2.000	12.56	25 12	1 256
0.3	0.0908	2.235	0.0406	2.32	0 74	49.71	52.77	1.325	18.84	25 00	1 250
0.4	0.0788	2.345	0.0336	1.92	0 74	41 71	44.37	0.977	25 12	24 53	1.226
0.5	0.0680	2.432	0.0279	1 54	0.69	35.52	37.35	0.775	31.40	24.30	1 215
0.6	0.0600	2.505	0.0240	1 375	0.63	30 70	32 70	0.642	37.68	24.20	1 210
0 7	0.0528	2.549	0.0207	1 190	0.55	26.91	28.65	0.546	43.96	23 95	1 197
0.8	0.0488	2 528	0.0193	1 110	0.47	23.85	25.43	0.476	50.24	23 90	1 195
0.9	0.0488	2 194	0.0223	1 280	0 40	21 28	22 96	0.424	56.52	23 95	1 197
0.95	0.0492	1 754	0 0286	1.610	0.36	20.18	22 15	0.407	59.66	24.25	1 212

Table 3_ (contd.)

(C) SIMPLIFIED B_ METHOD : — (i) Camber distribution.

x	ℓ	$\sin \beta_i$	x'	$\mathcal{F}_a$ *	μ_a	$\cos \beta$	$\mathcal{F}_a \mu_a \cos \beta$	μ_t	$\mathcal{F}_t$ **	$\sin \beta$	$\mathcal{F}_t \mu_t \sin \beta$	μ_{n*}	V^*	$\frac{\mu_{n*}}{V^*}$	$\frac{\ell}{2} \tan \alpha_2$	$\frac{m_{xi}}{\ell}$	Eff Basic m_x/ℓ	Total m_x/ℓ
0.2	3.60	0.892	0.1284	1.135	3 75	0.553	2.35	7.39	1.893	0.833	11.62	13.97	70.92	0.197	0.098	0.0246	0.0148	0.0394
0.3	4.49	0 795	0.1428	1.155	6.58	0 706	5.36	8.63	1.838	0.708	11 22	16.58	83.44	0 199	0.099	0.0248	0.0145	0.0393
0.4	5.28	0 697	0.1472	1.170	8 93	0.798	8.34	8.69	1.785	0.601	9 32	17.66	98.29	0 180	0.090	0.0225	0.0130	0.0355
0 5	5.87	0.608	0.1428	1.185	10 117	0.857	10.29	7 74	1.715	0.516	6 85	17.14	114 48	0.150	0 075	0.0187	0.0102	0.0289
0.6	6.10	0.528	0.1288	1.190	10.26	0.892	10.89	6.38	1.615	0.448	4.62	15.51	131 86	0.118	0.059	0.0147	0.0078	0.0225
0.7	5.67	0.460	0.1044	1 215	9. 54	0.919	10.63	4 94	1.480	0.395	2 89	13.52	149.55	0 090	0.045	0.0113	0.0060	0.0173
0.8	4.69	0.403	0.756	1.200	8.43	0.936	9.47	3 71	1.315	0.352	1 72	11 19	167 82	0.067	0.033	0.0083	0.0045	0.0128
0.9	3.20	0.355	0.0456	1.270	6.97	0.949	8.40	2.65	1 120	0.317	0.94	9.34	186.35	0.050	0.025	0.0062	0.0037	0.0099

* from (fig. 6) ** from (fig. 7)

Where $\mu_{n*} = \mathcal{F}_a \mu_a \cos \beta + \mathcal{F}_t \mu_t \sin \beta$, and $x' = \ell/4R \sin \beta i = 0.04 \ell \sin \beta i$

(ii) Pitch distribution (Simplified B_ method)

x	$\ell/2 \tan \alpha_2$	$\ell/2$	$\tan \alpha_2$	α_2	α_1	βi	$\beta i'$	$\tan \beta i'$	$2\pi r$	P_FT	D/D
0.2	0.098	1.80	0.0545	3.12	0.24	63.12	66.48	2.300	7.85	18.10	1.442
0.3	0.099	2.245	0.0441	2.50	0.26	52.66	55.42	1.450	11 77	17 21	1 376
0.4	0.090	2.64	0.0341	1.95	0.24	44.22	46.41	1.050	15.70	16.50	1.320
0.5	0.075	2.935	0.0256	1.47	0.20	37.42	39.09	0.813	19.63	15.95	1.276
0.6	0.059	3.05	0.0193	1.10	0.16	31.89	33.15	0.653	23.55	15.35	1 230
0.7	0.045	2.835	0.0159	0.91	0.13	27.39	28.43	0.541	27.50	14.88	1.190
0.8	0.033	2.345	0.0141	0.81	0.11	23.76	24.68	0 459	31.40	14.40	1 152
0.9	0.025	0.60	0.0156	0.89	0.05	20.78	21.72	0.399	35.30	14 10	1.128

Table (3)

CAMBER AND PITCH DISTRIBUTIONS.

II Free running propeuer - N.T line datum.

(A) Lerbs - Ludwieg - Ginzel method

x	Basic pitch (Lerbs)				Lerbs - Ludwieg - Ginzel (Pitch)							Camber ratio	
	$2\pi r$	$\tan\beta_i$	P-FT	P/D	β_i	α_2	α_1	β_i'	$\tan\beta_i'$	P-FT	P/D	eff. Basic mx/ℓ	Total mx/ℓ
0.2	7.85	1.972	15.48	1.239	63.12	1.14	0.24	64.50	2.0965	16.46	1.317	0.0148	0.0199
0.3	11.77	1.311	15.43	1.234	52.66	1.39	0.26	54.34	1.3937	16.38	1.310	0.0145	0.0235
0.4	15.70	0.973	15.28	1.222	44.22	1.45	0.24	45.91	1.0323	16.20	1.297	0.0130	0.0246
0.5	19.63	0.765	15.02	1.202	37.42	1.41	0.20	39.03	0.8107	15.92	1.275	0.0102	0.0224
0.6	23.55	0.622	14.65	1.173	31.89	1.31	0.16	33.36	0.6574	15.51	1.240	0.0078	0.0195
0.7	27.50	0.518	14.24	1.140	27.39	1.18	0.13	28.70	0.5475	15.07	1.205	0.0060	0.0174
0.8	31 40	0.440	13.82	1.106	23.76	1.08	0.11	24.95	0.4653	14.63	1.172	0.0045	0.0152
0.9	35.30	0.380	13.41	1.072	20.78	1.02	0.05	21.85	0.4010	14.12	1.130	0.0037	0.0146

(B) B - Method (i) Pitch distribution

x	L. E. Ordinate	T. E. Ordinate	DIFF	$\tan\alpha_2$	α_2	α_1	β_i	β_i'	$\tan\beta_i'$	$2\pi r$	P-FT	P/D
0.2	0.0702	-0.1181	0.1883	0.0524	3.00	0.24	63.12	66.36	2.290	7.85	17.95	1.438
0.3	0.0758	-0.1133	0.1891	0.0421	2.42	0.26	52.66	55.34	1.446	11.77	17.00	1.361
0.5	0.0678	-0.0882	0.1560	0.0266	1.54	0.20	37.42	39.16	0.813	19.63	15.99	1.279
0.7	0.0417	-0.0542	0.0959	0.0169	0.97	0.13	27.39	28.49	0.542	27.50	14.90	1.195
0.9	0.0224	-0.0294	0.0518	0.0162	0.92	0 05	20.78	21.75	0.399	35.30	14.50	1.120

B - Method (ii) Camber distribution

x	DIFF	MEAN DIFF AT *	ADDED CAMBER AT *	ℓ	INDUCED CAMBER AT *	Eff. Basic CAMBER	CAL. CAMBER AT *	TOTAL CAMBER AT *	TOTAL mx/ℓ
0.2	0.1883	0.0941	0.0239	3.60	0.0720	0.0532	0.1252	0.1491	0.0414
0.3	0.1891	0.0945	0.0187	4.49	0.0900	0.0652	0.1552	0.1739	0.0387
0.5	0.1560	0.0780	0.0102	5.87	0.0920	0.0598	0.1518	0.1620	0.0276
0.7	0.0959	0.0479	0.0062	5.67	0.0582	0.0340	0.0922	0.0984	0.0174
0.9	0.0518	0.0259	0.0035	3.20	0.0190	0.0118	0.0308	0.0343	0.0107

(Table 2 _ contd.)

(D) BURRILL'S METHOD.

$V = 1.688 \times 21 = 35.4$ Ft/sec, $\frac{1}{nD} = \frac{60}{102 \times 21} = 0.028$, $K_Q = \frac{9.53\ P}{D^2(\frac{ND}{1000})^3} = \frac{9.53 \times 17.500}{21^2(\frac{102 \times 21}{1000})^3} \times 10^{-3} = 0.0385$, $K_{Q_{0.75}} = \frac{0.0385}{0.52} = 0.0726$

$\tan\phi = 0.458$, $\phi = 24.65°$, $\varepsilon = 2\phi - \psi = 49.30 - 18.80 = 30.50°$, $x\pi\tan\varepsilon = 0.75 \times 3.14 \times 0.59 = 1.39$, $x\tan\varepsilon = 0.442$

x	$1-w_x$	V_A	J'_{v_a}	πx	$\tan\psi$	ψ	$x\tan\varepsilon$	$\tan\varepsilon$	ε	ϕ	$\tan\phi$	KT'	KQ'
0.875	0.822	29.1	0.816	2.750	0.297	16.55	0.442	0.505	26.80	21.67	0.397	0.360	0.069
0.75	0.808	28.6	0.802	2.355	0.3405	18.80	0.442	0.590	30.50	24.65	0.458	0.382	0.073
0.50	0.751	26.6	0.745	1.570	0.475	25.43	0.442	0.885	41.50	33.46	0.661	0.273	0.048
0.25	0 620	21.9	0.614	0.785	0.783	38.10	0.442	1.770	60.50	49.30	1.163	0.080	0.012
												1 095	0.202
												0.1875	0 1875
												0.205	0.03785

$\sigma = \frac{Bc}{2\pi r} = \frac{4c}{2\pi r} = 0.637\frac{c}{r}$, $\alpha = \frac{9.12\ C_L}{K_s\ K_{gs}}$, $\%\ t.\frac{y}{c} = \frac{K_c \times C_L}{K_s \times K_{\alpha_o}} = \frac{0.1\ C_L}{K_s \times K_{\alpha_o}}$

x	C_L	C FT	r ft	σ	t/c	Ks Slope Correction	Kgs Cascade Correction	Ks x Kgs	α	θ_o $\phi+\alpha$	K_{α_o} No lift angle Correction	$K_s \times K_{\alpha_o}$	$\%t\ \frac{y}{c}$
0.875	0.235	4 74	9.19	0.329	0.037	0 948	0.915	0.867	2 470	24.14	0.890	0 844	0.0279
0.75	0.272	5 78	7 87	0.468	0.049	0.94 7	0.825	0 781	3 1.75	27.825	0 890	0 84 2	0 0323
0.50	0.380	5.96	5.25	0.724	0.0915	0.94 0	0 709	0 666	5 20	38.66	0.889	0.83 5	0 0455
0.25	0.540	4.95	2.62	1.2005	0.173	0.895	0 580	0. 519	9.48	58.78	0 842	0.752	0.0719

$\alpha_i + \alpha_{NT} = \alpha + \Delta\alpha_g - \alpha_o$, θ_1 = N.T angle $= \theta + \alpha_{NT} = \phi + (\alpha_i + \alpha_{NT}) - \Delta\alpha_o = \phi + \alpha + \Delta\alpha_g - \alpha_o - \Delta\alpha_o$

$\alpha_o = \left(\frac{\text{opt camber} - \text{act. camber}}{\text{act. camber}}\right)\alpha_o$ act

x	α_o Theory	α act. $=\alpha_{o_{The}} \times K_{\alpha_o}$	Kg_{α_o} Cascade Correction	$\Delta\alpha_g = Kg_{\alpha_o} \times \alpha_o Th.$	actual y/c	$\alpha + \Delta\alpha_g$	$\alpha_i + \alpha_{NT}$	%t. y/c-act y/c	ratio	$\Delta\alpha_o$	$\alpha_i + \alpha_{NT} - \Delta\alpha_o$	ϕ	θ_1 NT angle	$\tan\theta_1$	$x\pi\tan\theta_1$
0.875	1.62	1.44	0.022	0.0356	0.01594	2.505	1 065	0.01196	0.75	1.08	-0.0144	21 67	21.66	0.397	1 09
0 75	1.875	1 668	0.072	0.13 5	0.01845	3 310	1.642	0.01385	0 75	1.2 5	-0.0392	24.65	25.04	0 467	1 10
0.50	2.620	2.325	0 188	0.492	0.02585	5 692	3.367	0.01970	0 763	1 775	1.592	33.46	35.05	0.702	1 10
0.25	3.72	3.130	0-320	1 190	0.03665	10.670	7 540	0.03525	0.962	3.01	4 53	49.30	53.83	1 370	1 075

(Table 2 _ conted.)

α_o (Theory) burrill's method

Station	Position from LE	y (0.8 M.L)	Multipliers.	Function
y_1	0.05	0.271	5.04	1.365
y_2	0.10	0.448	3.38	1.515
y_3	0.15	0.570	3.01	1.710
y_4	0.20	0.699	2.87	2.005
y_5	0.25	0.781	2.81	2.200
y_6	0.30	0.863	2.84	2.450
y_7	0.35	0.912	2.92	2.660
y_8	0.40	0.961	3.09	2.970
y_9	0.45	0.988	3.32	3.384
y_{10}	0.50	1.000	3.64	3.640
y_{11}	0 55	0.989	4.07	4 020
y_{12}	0.60	0.978	4.84	4.540
y_{13}	0.65	0.933	5.44	5.070
y_{14}	0.70	0.889	6.65	5.910
y_{15}	0.75	0.796	8.59	6.830
y_{16}	0.80	0.703	11.40	7.880
y_{17}	0 85	0.531	17.05	9.050
y_{18}	0.90	0.359	35.40	12.700
y_{19}	0.95	0.171	186.20	21.800
			Σ	101.600

Theory $\alpha_o = \frac{\Sigma}{\text{chord}} = 101.600 \times \frac{y}{c}$

Table 2 - (Contd)

(C) SIMPLIFIED B. METHOD (i) Chamber distribution

x	ℓ	$\sin\beta_i$	x'	$\mathcal{F}_a$ *	μ_a	$\cos\beta$	$\mathcal{F}\mu\cos\beta$	μ_t	$\mathcal{F}_t$ **	$\sin\beta$	$\mathcal{F}_t\mu_t\sin\beta$	μ_{n*}	V *	$\frac{u_{n*}}{V*}$	$\frac{\ell}{2}\tan\frac{\alpha}{2}$	$\frac{m_{xi}}{\ell}$	Eff.Basic m_x/ℓ	Total m_x/ℓ
0.2	4 62	0.817	0.090	1 095	3 82	0.739	3 08	5.39	1 890	0.673	6.85	9.93	30 33	0 328	0 164	0. 041	0.0383	0.0793
0.3	5.2 3	0.710	0.088	1 100	5 33	0.822	4.81	5 35	1 820	0 568	5 52	10.33	40 93	0 252	0 126	0 0315	0 0344	0.0659
0.4	5.6 9	0.619	0 084	1 105	6 28	0 871	6.05	4 93	1 755	0 490	4 24	10.29	51 49	0 200	0 100	0. 025	0 0295	0.0545
0.5	5.9 6	0.544	0.077	1 107	6 87	0 903	6 86	4 43	1 662	0 429	3 16	10.02	62 03	0 162	0 081	0 020	0.0256	0 0456
0.6	6.0 7	0.482	0.070	1 110	7 26	0 926	7 45	3 97	1 555	0 380	2 34	9 79	72 66	0 135	0 067	0 017	0 0223	0 0393
0 7	5.9 6	0.431	0 061	1 135	7 45	0 942	7 79	3 54	1 400	0 340	1 68	9 47	83 38	0 113	0 056	0 014	0.0194	0 0334
0 8	5.4 6	0.389	0 050	1 150	7 67	0 953	8 40	3 22	1 255	0 307	1 24	9 64	94 07	0 102	0 051	0 013	0 0175	0 0305
0.9	4 39	0.353	0.037	1 225	7 74	0 962	9 10	2 91	1 100	0 279	0 89	9.99	104 91	0 095	0 047	0 012	0 0156	0 0276

* from (fig 6) ** from (fig 7)

where $u_{n*} = \mathcal{F}_a\ \mu_a\ \cos\beta + \mathcal{F}_t\ \mu_t\ \sin\beta$

and $x' = \frac{\ell}{4R}\ \sin\beta_i = \frac{\ell}{10\ 5\times4}\ \sin\beta_i = 0.0238\ \ell\sin\beta_i$

(ii) Pitch " Distribution

x	$\frac{\ell}{2}\tan\frac{\alpha}{2}$	$\ell/2$	$\tan\frac{\alpha}{2}$	α_2	α_1	β_i	β_i'	$\tan\beta_i'$	$2\pi r$	P-FT	P/D
0 2	0 164	2 310	0 0710	4 07	0 64 9	54 70	59 419	1 695	13 18	22 32	1 062
0 3	0 126	2 615	0 0482	2 76	0 582	45 12	48.4 62	1 131	19 78	22 35	1 064
0 4	0 100	2 845	0.0352	2 02	0 500	38 13	40 65	0 859	26 35	22 60	1 077
0 5	0 081	2 980	0.0272	1 56	0 434	32 82	34.814	0 696	32 92	22 90	1 090
0 6	0 067	3 035	0 0221	1 27	0 378	28 70	30.348	0 585	39 55	23 10	1 100
0 7	0 056	2 980	0.0188	1 08	0 328	25.41	26.818	0 506	46 15	23 32	1 110
0 8	0 051	2 730	0 0187	1 07	0 297	22 80	24 167	0 448	52 70	23 60	1 123
0 9	0 047	2 195	0.0214	1 22	0 265	20 60	22.085	0 406	59 30	24 10	1 147

(B) *B-METHOD* (i) *Pitch Distribution*

x	L.E. Ordinate	T.E. Ordinate	DIFF.	tan α_2	α_2	α_1	β_i	β_i'	tan β_i'	$2\pi r$	P-FT	P/D
0.2	0.1340	—0.1914	0.3254	0.0703	4.01	0.649	54.70	59.359	1.690	13.18	22.20	1.060
0.3	0.1145	—0.1504	0.2649	0.0505	2.90	0.582	45.12	48.602	1.134	19.78	22.40	1.062
0.5	0.0690	—0.0857	0.1542	0.0258	1.48	0.434	32.82	34.734	0.692	32.92	22.80	1.080
0.7	0.0505	—0.0608	0.1113	0.0187	1.06	0.328	25.41	26.798	0.502	46.15	23.20	1.110
0.9	0.0437	—0.0525	0.0962	0.0221	1.26	0.265	20.60	22.125	0.406	59.30	24.10	1.140

B-METHOD (ii) *Camber Distribution*

x	Diff.	Mean Diff. at Φ	Added Camber At Φ	I	Induced Camber At Φ	Eff. Basic Camber	Calculated Camber At Φ	Total Camber At Φ	Total m_x/l
0.2	0.3254	0.1627	0.0287	4.62	0.1560	0.1769	0.3329	0.3616	0.0781
0.3	0.2649	0.1324	0.0179	5.23	0.1470	0.1799	0.3269	0.3448	0.0658
0.5	0.1542	0.0771	0.0083	5.96	0.1050	0.1526	0.2576	0.2659	0.0446
0.7	0.1113	0.0556	0.0051	5.96	0.0775	0.1156	0.1931	0.1982	0.0334
0.9	0.0962	0.0481	0.0044	4.39	0.0485	0.0685	0.1190	0.1234	0.0282

TABLE (2)

I—WAKE ADAPTED PROPELLER
CAMBER AND PITCH DISTRIBUTIONS
N-T LINE DATUM

(A) *LERBS-LUDWIEG-GINZEL METHOD*

x	Basic Pitch (Lerbs)				Lerbs-Ludwieg-Ginzel (Pitch)							Camber ratio	
	$n \pi r$	$\tan \beta_i$	P_{-FT}	P/D	β_i	α_2	α_1	β_i'	$\tan \beta_i'$	P_{-FT}	P/D	Eff. Basic m_x/l	Total m_x/l
0.2	13.18	1.418	18.69	0.849	54.70	1.87	0.649	57.219	1.5529	20.47	0.971	0.0383	0.0349
0.3	19.78	1.008	19.94	0.907	45.12	2.00	0.582	47.702	1.0990	21.74	1.031	0.0344	0.0360
0.4	26.35	0.788	20.76	0.945	38.13	1.97	0.500	40.600	0.8571	22.58	1.071	0.0295	0.0367
0.5	32.92	0.648	21.33	0.970	32.82	1.87	0.434	35.124	0.7034	23.16	1.103	0.0256	0.0370
0.6	39.55	0.549	21.71	0.988	28.70	1.71	0.378	30.788	0.5954	23.56	1.122	0.0156	0.0363
0.7	46.15	0.477	22.01	1.000	25.41	1.61	0.328	27.348	0.5172	23.87	1.137	0.0194	0.0345
0.8	52.70	0.422	22.24	1.009	22.80	1.46	0.297	24.557	0.4570	24.08	1.147	0.0175	0.0320
0.9	59.30	0.377	22.36	1.016	20.60	1.37	0.265	22.235	0.4088	24.24	1.157	0.0156	0.0291

TABLE (1)

(i) *WAKE-ADAPTED PROPELLER*

Po = 21.96 ft.

x	$1-t_x$	$1-w_x$	$\frac{1-w_x}{1-w_o}$	P/P$_o$ Lerbs $\left(\frac{1-w_x}{1-w_o}\right)^{\frac{1}{2}}$	P/P$_o$ Van Manen $\left(\frac{1-w_x}{1-w_o}\right)^{\frac{1}{4}}$	P/P$_o$ Van Lammeren	P/P$_o$ Troost	P/P$_o$ Proposed $\left(\frac{1-w_x}{1-w_o}\right)^{\frac{1}{3}}$	P-Ft Lerbs	P-Ft Von Manen	P-Ft Van Lammeren	P-Ft Troost	P-Ft Proposed
0.2	0.737	0.576	0.72	0.849	0.922	0.788	0.894	0.897	18.63	20.22	17.31	19.63	19.70
0.3	0.774	0.656	0.821	0.907	0.953	0.864	0.932	0.938	19.90	20.93	18.97	20.50	20.60
0.4	0.802	0.712	0.891	0.945	0.973	0.917	0.959	0.963	20.75	21.38	20.13	21.06	21.14
0.5	0.822	0.751	0.939	0.970	0.986	0.954	0.977	0.980	21.30	21.65	20.92	21.45	21.52
0.6	0.840	0.779	0.974	0.988	0.994	0.981	0.990	0.990	21.70	21.82	21.55	21.74	21.74
0.7	0.850	0.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	21.96	21.96	21.96	21.96	21.96
0.8	0.862	0.815	1.019	1.009	1.004	1.014	1.007	1.006	22.15	22.07	22.24	22.11	22.10
0.9	0.866	0.826	1.032	1.016	1.008	1.024	1.012	1.011	22.32	22.14	22.50	22.21	22.20
1.0	0.874	0.839	1.049	1.024	1.012	1.037	1.018	1.017	22.50	22.21	22.75	22.37	22.35

(ii) *A.B.C. SHIP PROPELLER*

x	$1-t_x$	$1-w_x$	$\frac{1-w_x}{1-w_o}$	P/P$_o$ Lerbs	P/P$_o$ Van Manen	P/P$_o$ Van Lammeren	P/P$_o$ Troost	P/P$_o$ Proposed	P-Ft Lerbs	P-Ft Von Manen	P-Ft Van Lammeren	P-Ft Troost	P-Ft Proposed
0.2	0.912	0.780	0.968	0.984	0.992	0.977	0.9885	0.990	21.62	21.79	21.46	21.72	21.75
0.3	0.934	0.810	1.006	1.003	1.001	1.005	1.0025	1.002	22.04	21.99	22.08	22.03	22.00
0.4	0.942	0.822	1.021	1.010	1.005	1.016	1.0080	1.007	22.19	22.08	22.32	22.15	22.10
0.5	0.944	0.824	1.024	1.012	1.006	1.019	1.0095	1.008	22.23	22.10	22.39	22.18	22.13
0.6	0.941	0.821	1.020	1.010	1.005	1.016	1.0080	1.007	22.19	22.08	22.32	22.15	22.10
0.7	0.938	0.816	1.014	1.007	1.003	1.011	1.0055	1.005	22.12	22.04	22.21	22.09	22.01
0.8	0.933	0.809	1.005	1.002	1.001	1.004	1.0020	1.002	22.01	21.99	22.06	22.01	22.01
0.9	0.922	0.795	0.987	0.993	0.996	0.989	0.9945	0.996	21.82	21.88	21.73	21.85	21.88
0.95	0.919	0.789	0.980	0.990	0.995	0.984	0.9920	0.994	21.75	21.84	21.62	21.79	21.83

ABC SHIP PROPELLER

—— SIMP. B-METHOD

– – – L.L GINZEL

BASIC CAMBER RATIO

BASIC PITCH RATIO

r/R

CAMBER RATIO m/l

PITCH RATIO P/D

FIG. (17)

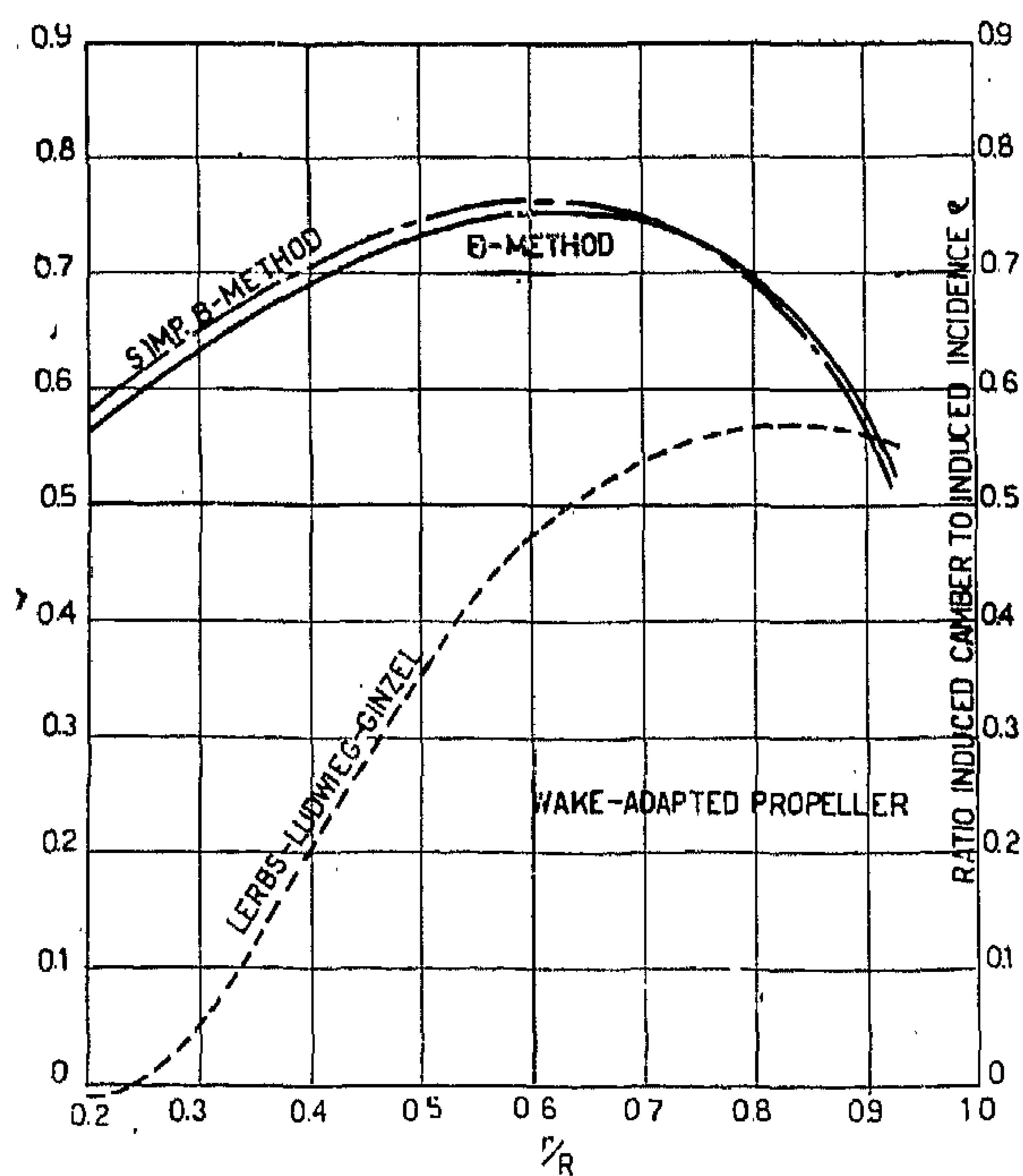


FIG. (18)

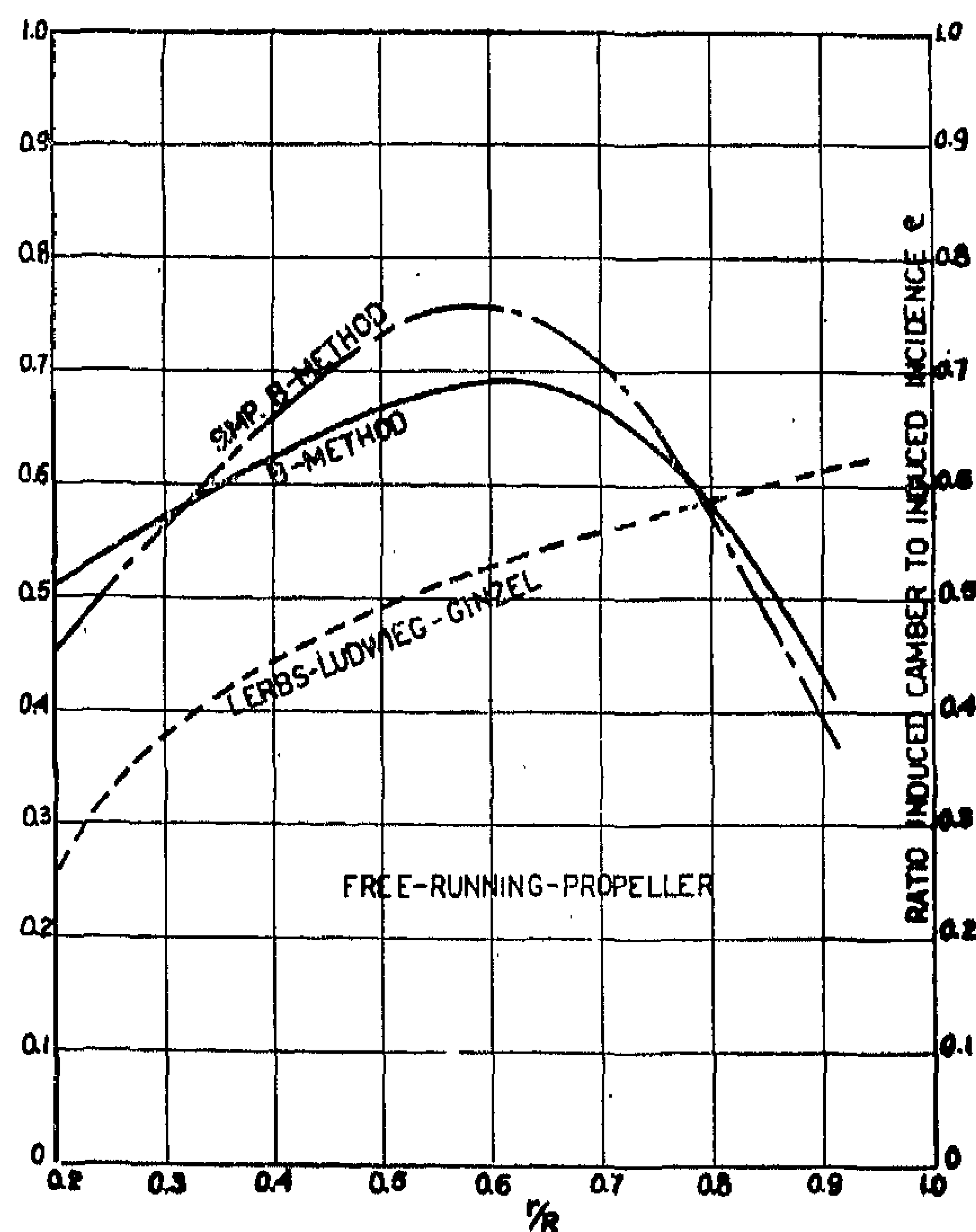


FIG. (19)

Ginzel method demonstrates a continual increase of that ratio from the root to the tip of the blade.

The free running propeller is shown on (fig. 19) with the ratio of induced camber to induced incidence for both the B-Method and the simplified B-Method in general agreement with the Lerbs-Ludwieg-Ginzel method still increasing from root to tip.

On (fig. 20), the A B C ship propeller is shown to render a similar trend with the ratio of the induced camber exceeding that of the duced incidence near the blade tips.

Conclusions :

1. A formula has been proposed (equation 15) by which the effective or basic pitch distribution along the radius of any wake adapted marine propeller could be easily computed. The result of the application of such formulation in two separate cases seems to be in good agreement with those of other formulations.

2. The B-Method is shown to render in general higher camber ratios than the Lerbs-Ludwieg-Ginzel method particularly near the root sections.

3. Close trend have been found in the application of both the B-Method and Burrill's method in what concerns both pitch and camber distributions.

4. When comparing the result obtained from application of both the B-Method and the

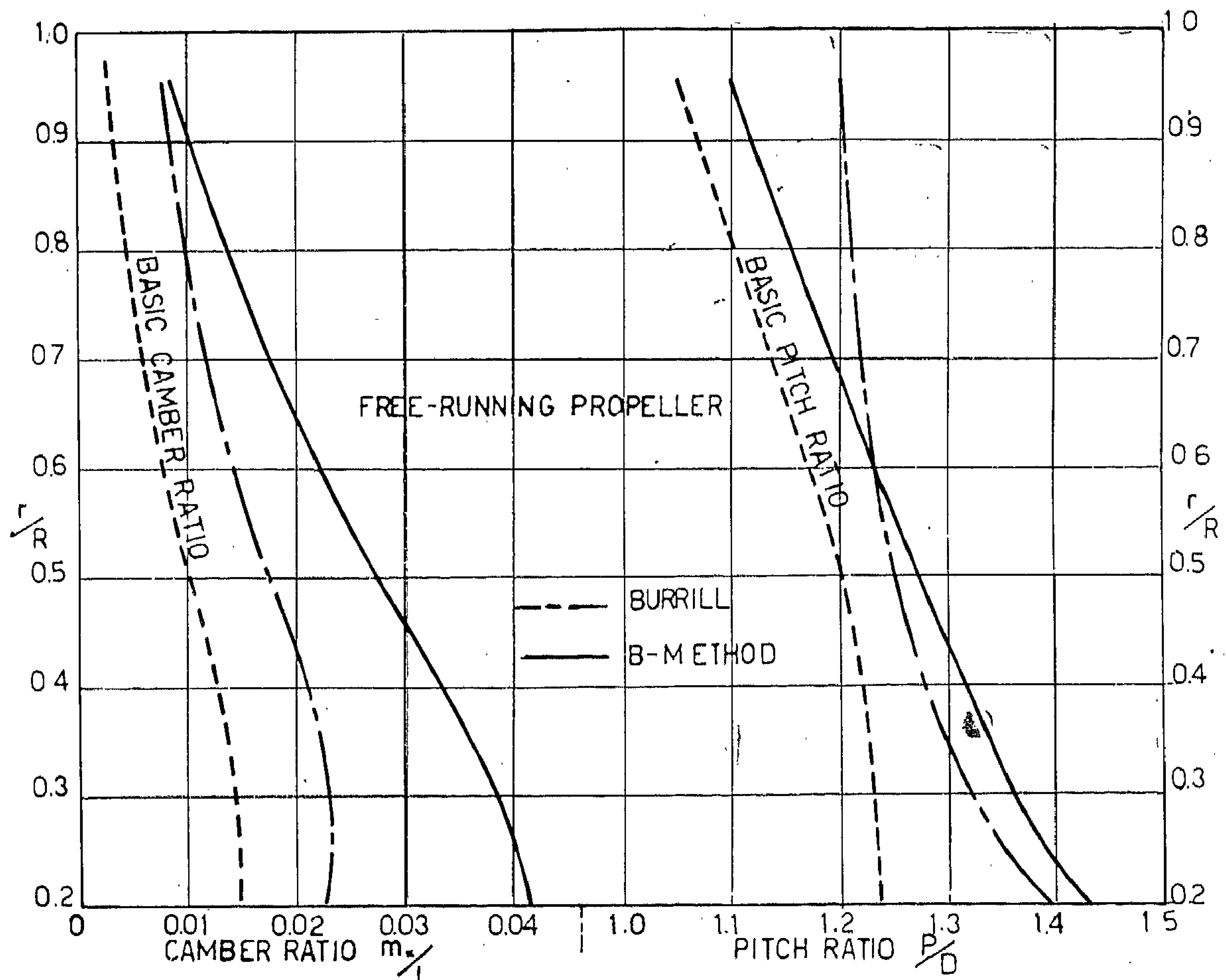


FIG. (16)

Ratio of Induced Camber to Induced Incedence (p)

The ratio of the induced camber to the induced incidence is considered here as criterion of the design methods to balance itself between the adaptation of both pitch and camber required for the final propeller design.

By the induced member we mean the camber $\frac{m \times i}{l}$ due to the intervention of the lifting surfaces conception wheareas by the induced incidence we mean the target to the additional angle of attack α_2 in three dimensional flow namely tan α_2.

Hence the non-dimensional ratio of induced camber to induced incidence can be represented by $e = \frac{m_{xi}}{\tan \alpha_2}$

in (fig. 18) we have plotted the different values of such ratio as per the B-Method, Lerbs-Ginzel as well as the simplified B-Method for the wake adapted propeller.

As anticipated from the previous discussion both the B-Method and the simplified B-Method show a similar trend ; with the ratio of induced camber to induced incidence increasing from both the propeller tip and root to a maximum near the 0.6 Radius section of about 0.75. Meanwhile, Lerbs-Ludwieg-

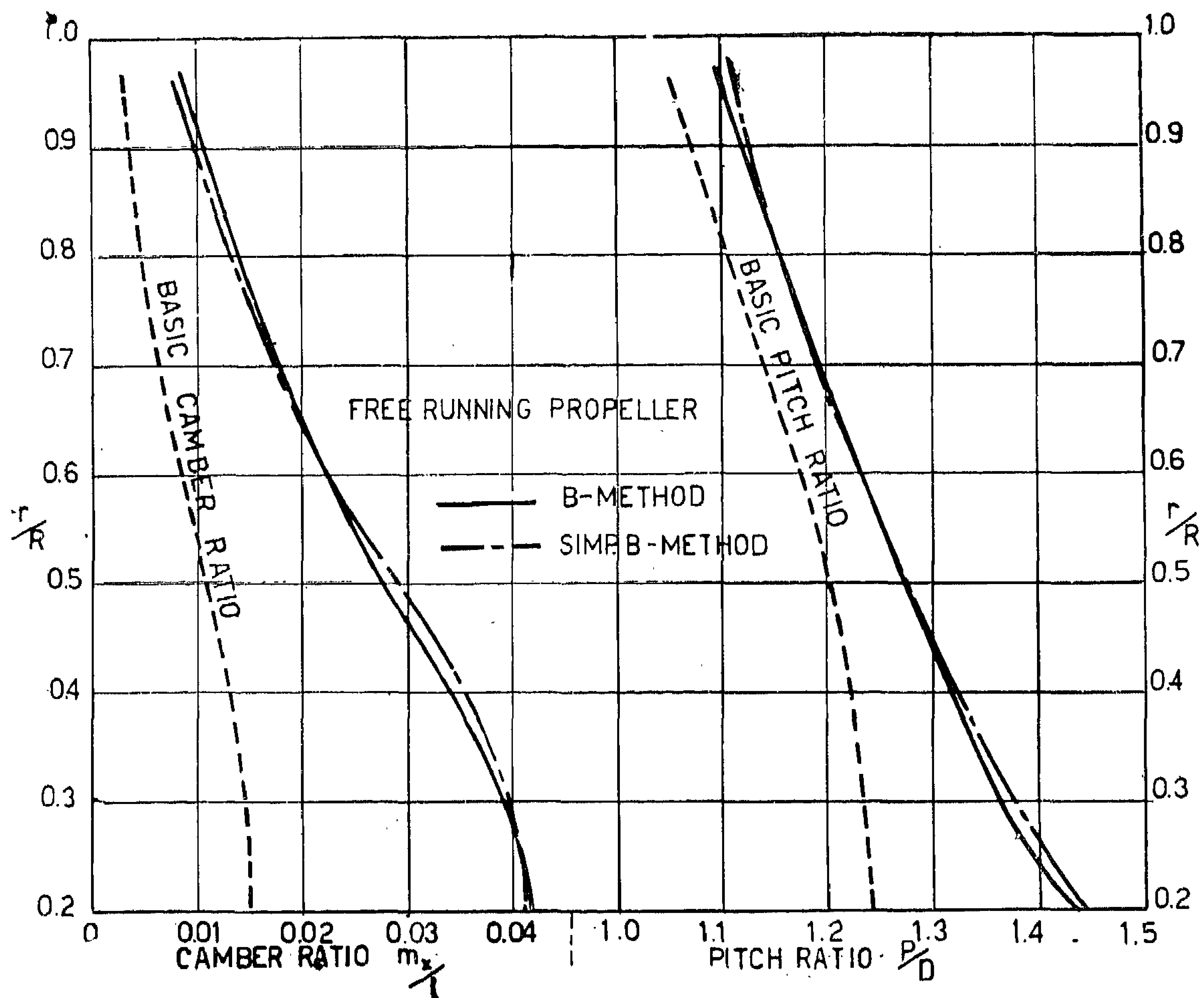


FIG. (15)

smaller values near the blade tip with practically the same value as the Lerbs-Ludwieg-Ginzel method at the 0.7 radius section. The B-Method shows also more pitch at the root sections and slightly smaller values from the 0.5 radius section till the blade tip.

Furthermore, on (fig. 15) very close agreement is shown, once more, between the application of both the B-Method (table 3-B) and the simplified B-Method (table 3-C) in what concerns both the pitch as well as the camber ratio distribution along the blade radius. Meanwhile, for this particular propeller both the B-Method and Burrill's Method differ in their application particularly when considering the camber ratios as demonstrated on (fig. 16).

Finally with regard to the third propeller treated i.e., the A B C transom stern ship propeller; (fig. 17) shows a comparison between both the Lerbs-Ludwieg-Ginzel calculations (table 4-A) and the simplified B-calculations (table 4-B). Both the basic camber ratios as well as the basic pitch ratios were retained in this treatment. Once more the results obtained by the simplified B-Method, or what is equivalent the R-Method, is shown to render more camber ratios near the root sections with smaller ratios near the tips. Meanwhile, the simplified B-Method gives rise to smaller pitch ratios near the root and higher pitch ratios near the blade than the Lerbs-Ludwieg-Ginzel method.

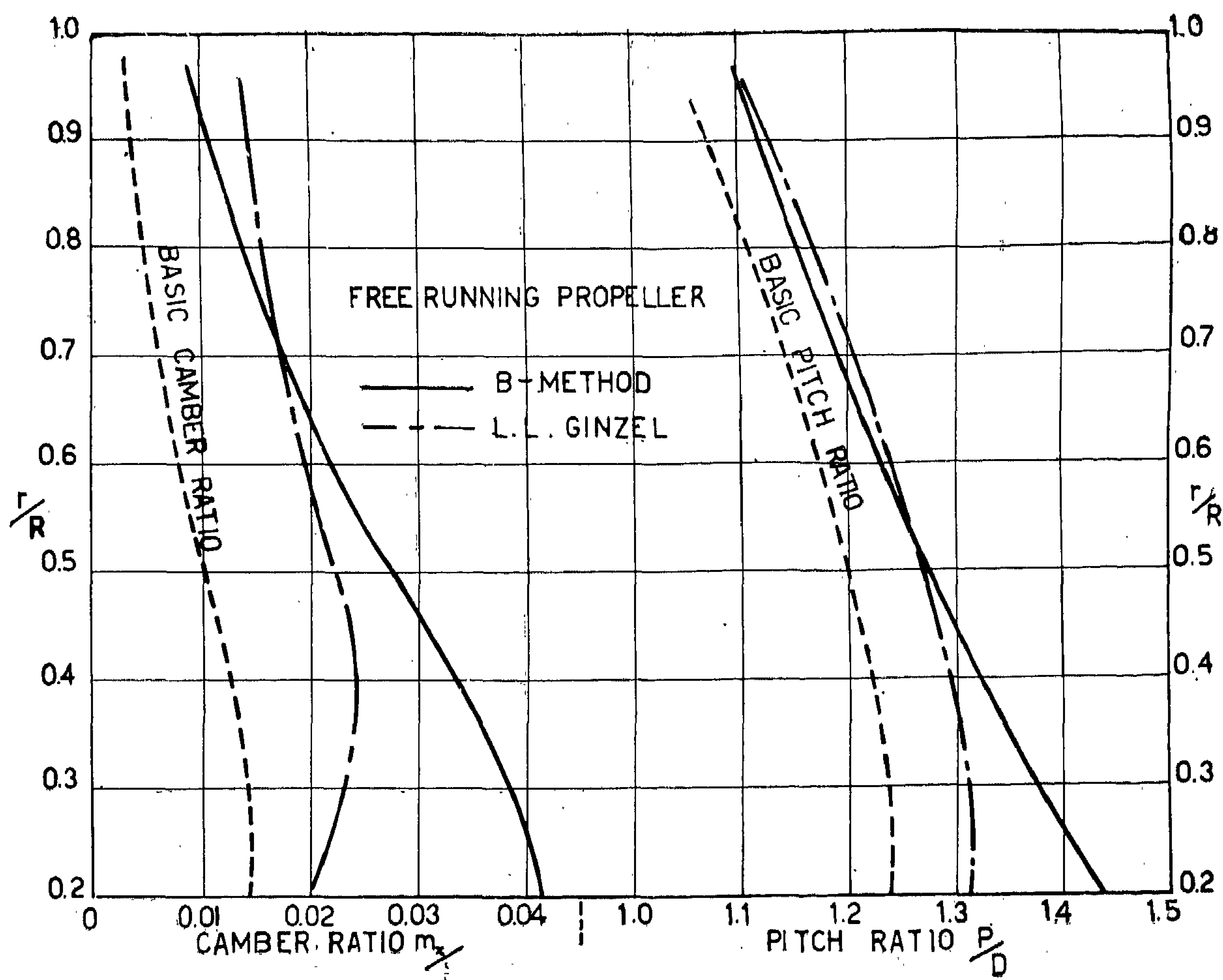


FIG. (14)

ratios, as calculated by both methods, both having the same basic pitch ratio as per Lerbs formulation. The B-Method is shown to render higher pitch ratios at the root sections and smaller pitch ratios from the 0.4 radius section till the blade tips.

On (fig. 12) the result of the calculations carried out by the use of the B-Method (table 2-B) and the simplified B-Method (table 2-C) are drawn. They seem to show remarkable agreement as well as a close trend in both pitch and camber ratios. This leads one to suggest the use of the simplified B-Method due to the ease and simplicity of application.

On (fig. 13), however, the result of applying the B-Method (table 2-B) is compared to that resulting from the use of Burrill's method (table 2-B) for the same wake adapted propeller. Close agreement is shown between both results in what concerns the camber ratio (being the optimum y/c according to Burrill); while the pitch ratio seems to be identical at the 0.7 as well as the 0.2 radius sections with slight difference particularly near the tips.

The second case treated is the free-running propeller. The application of both the Lerbs-Ludwig-Ginzel method (table 3-A) and the B-method (table 3-B) are demonstrated graphically on (fig. 14) both having the same basic pitch as well as camber ratios. It is clearly shown that the B-Method renders again more camber ratios at the root sections with

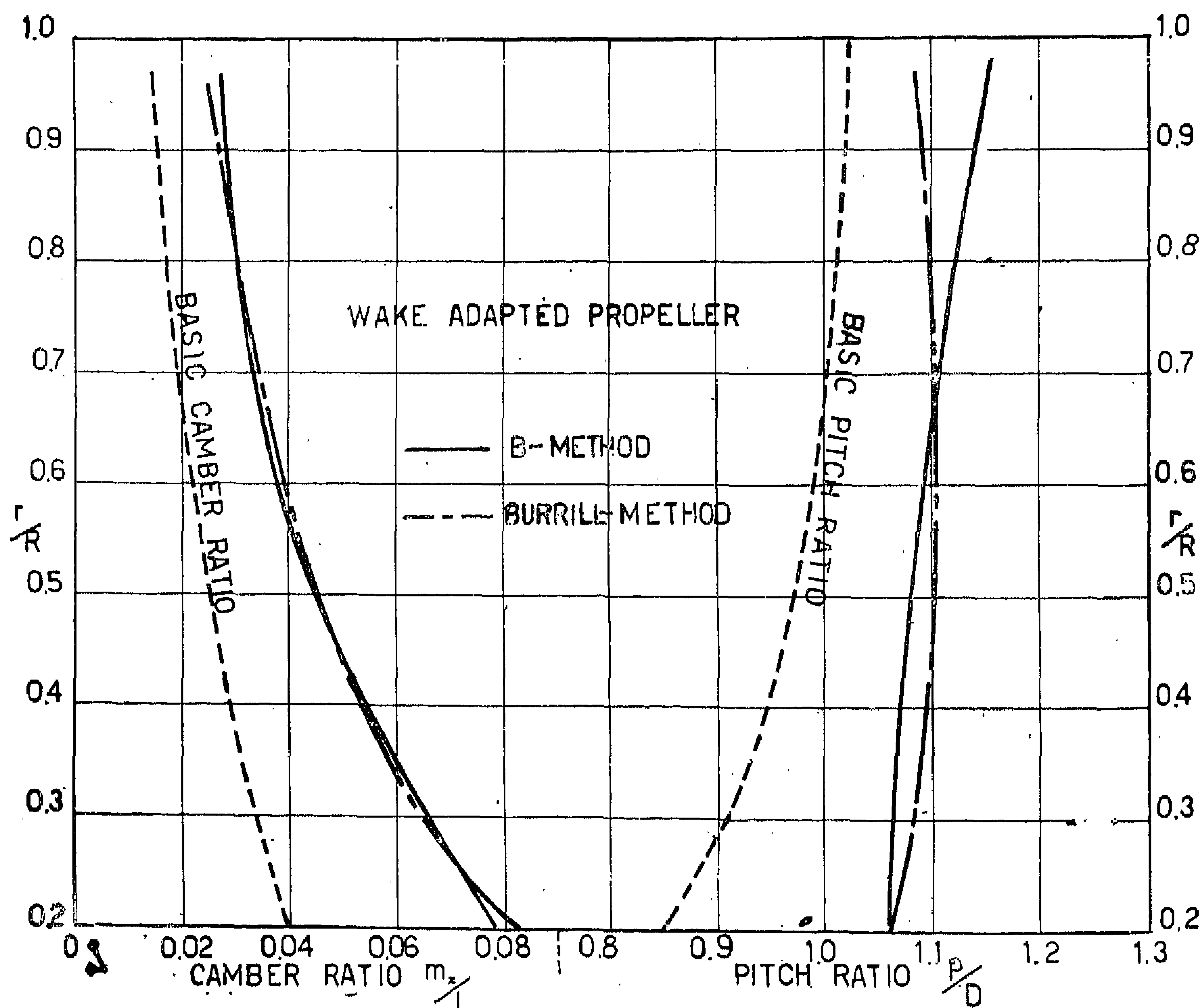


FIG. (13)

$$\text{or } P/P_o = \left(\frac{1 - w}{1 - w_x}\right)^{1/2}$$

and for the free running propeller

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \tan \beta$$

$$\text{or } \quad P/P_o = \pi \, x \tan \beta_i$$

Furthermore, in order to separate both the pitch and the camber so that each could be treated separately when applying the different calculation methods, the nose-tail line of the blade section should be considered as a base line. In this respect both angles of attack α_1 and α_2, to take care of the intervention of viscosity as well as the correction due to lifting surface conception respestively, have to be added to the hydrodynamic pitch angle β_i to get the nose-tail line which is to be used as datum of comparison (fig. 1). By so doing both the pitch and the resulting camber as rendered by the different design methods, at the shock-free entrance condition, could be easily separated and hence compared.

Application to Three Propellers.

The first case treated here is the wake adapted propeller. The calculations carried out on this propeller by the use of Lerbs-Ludwieg-Ginzel method (table 2-A) and the B-Method (table 2-B) are drawn on (fig. 11). The camber ratios are given on the left hand side of that figure with the same basic camber ratio used in both methods. The B-method, however, is shown to render higher camber ratios near the root section, while having almost the same values at the 0.7 radius section. The right hand side of (fig. 11) demonstrate the comparison between the pitch

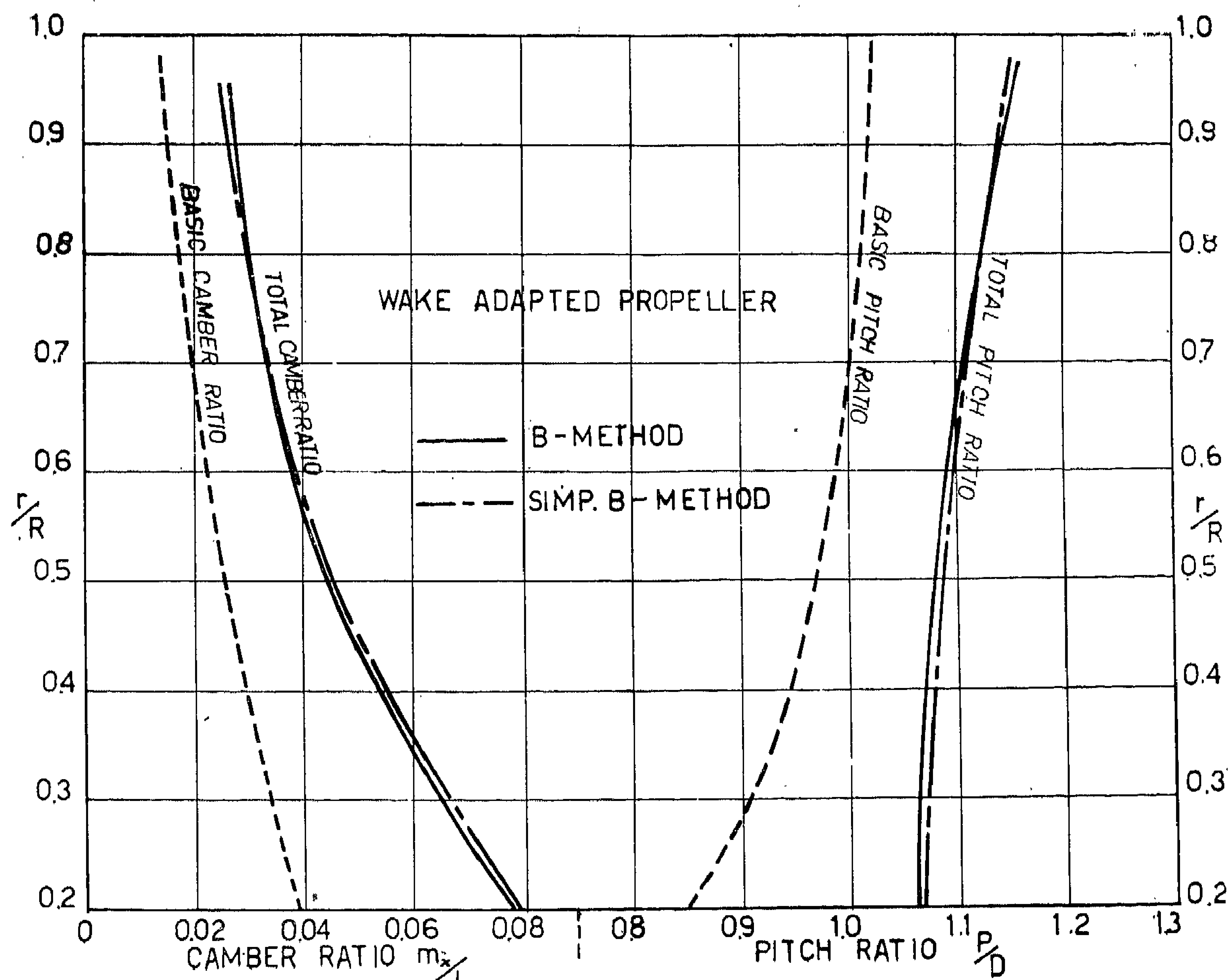


FIG. (12)

The lift line values of both the axial and the tangential induced velocity distributions u_a and u_t along the radius of the ABC ship propeller are given on (fig. 10).

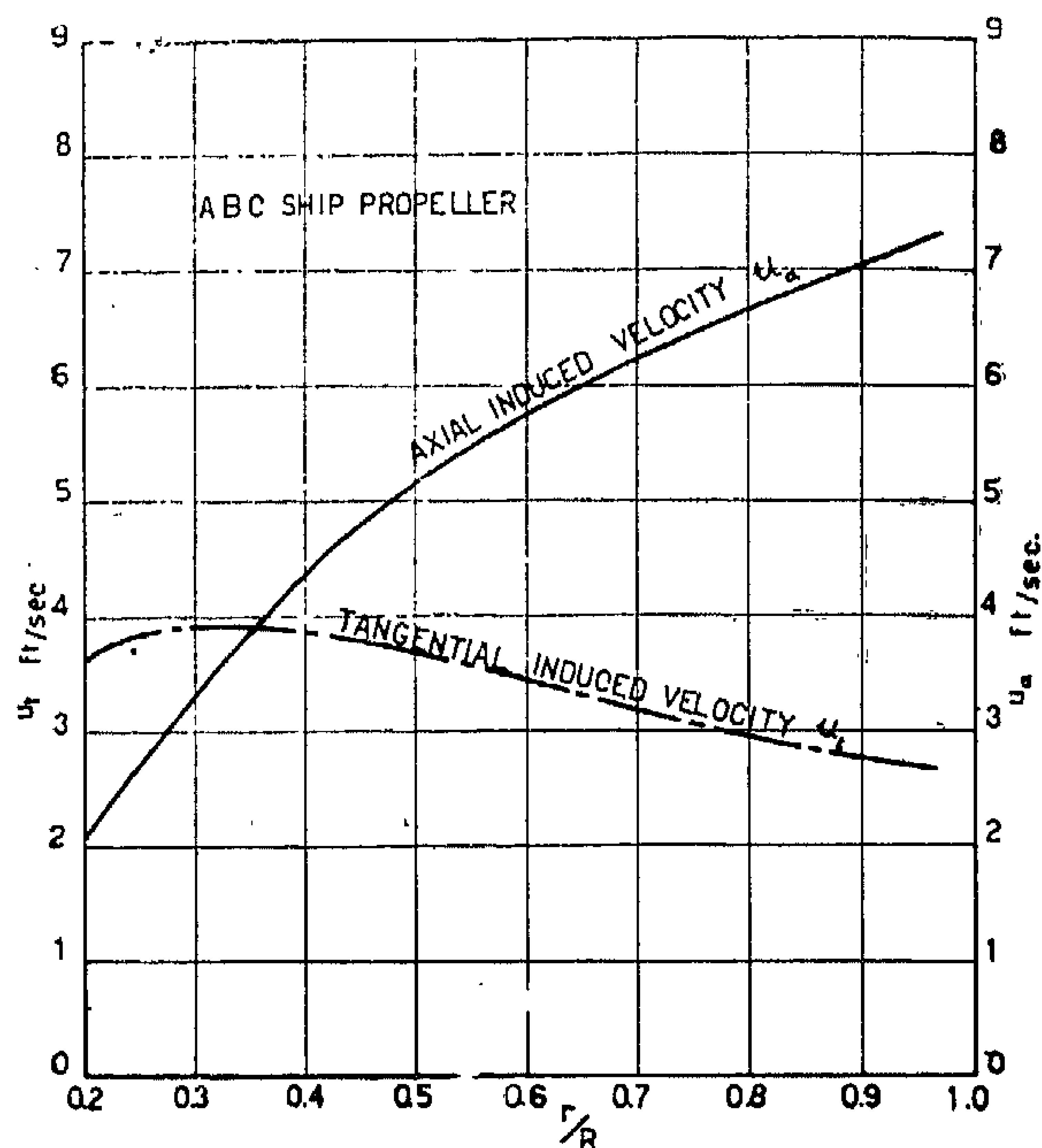


FIG. (10)

Datum for Comparison

As regards the basic camber, its ratio $\frac{m_x}{l}$ as lifted from the incipient cavitation charts for the meanline and blade profile under consideration is taken in the following calculations as datum of reference for camber.

Meanwhile, for the basic pitch, any one of the formulations given in Part 1 of this paper could be used as base. However, in our treatment we are going to adopt Lerbs formulation namely for the wake adapted propellers :

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\zeta_i} \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right)^{1/2} \tan \beta$$

FIG. (11)

PART III

APPLICATION AND COMPARISON

In the following treatmeent we are going to apply the lifting surface conception as per Lerbs-Ludwieg-Ginzel method, the B-method, the simplified B-Method as well as by Burrilês method to three different marine propellers.

The first chosen propeller is the four bladed wake-adapted propeller given in reference [1] and whose particulars are

S HP = 17,500 @ 102 R.P.M.,
EHP = 13,000
maxi S HP = 21,000 @ 109 R.P.M.,
T = 237,300 pounds
propeller dia. D = 21 ft
V = 21 knots
w_o = 0.20
t_o = 0.15

Both the axial as well as the tangential induced velocity distribution along the radius u_a, u_t respectively are shown on (fig. 8), as calculated by the lift line theory.

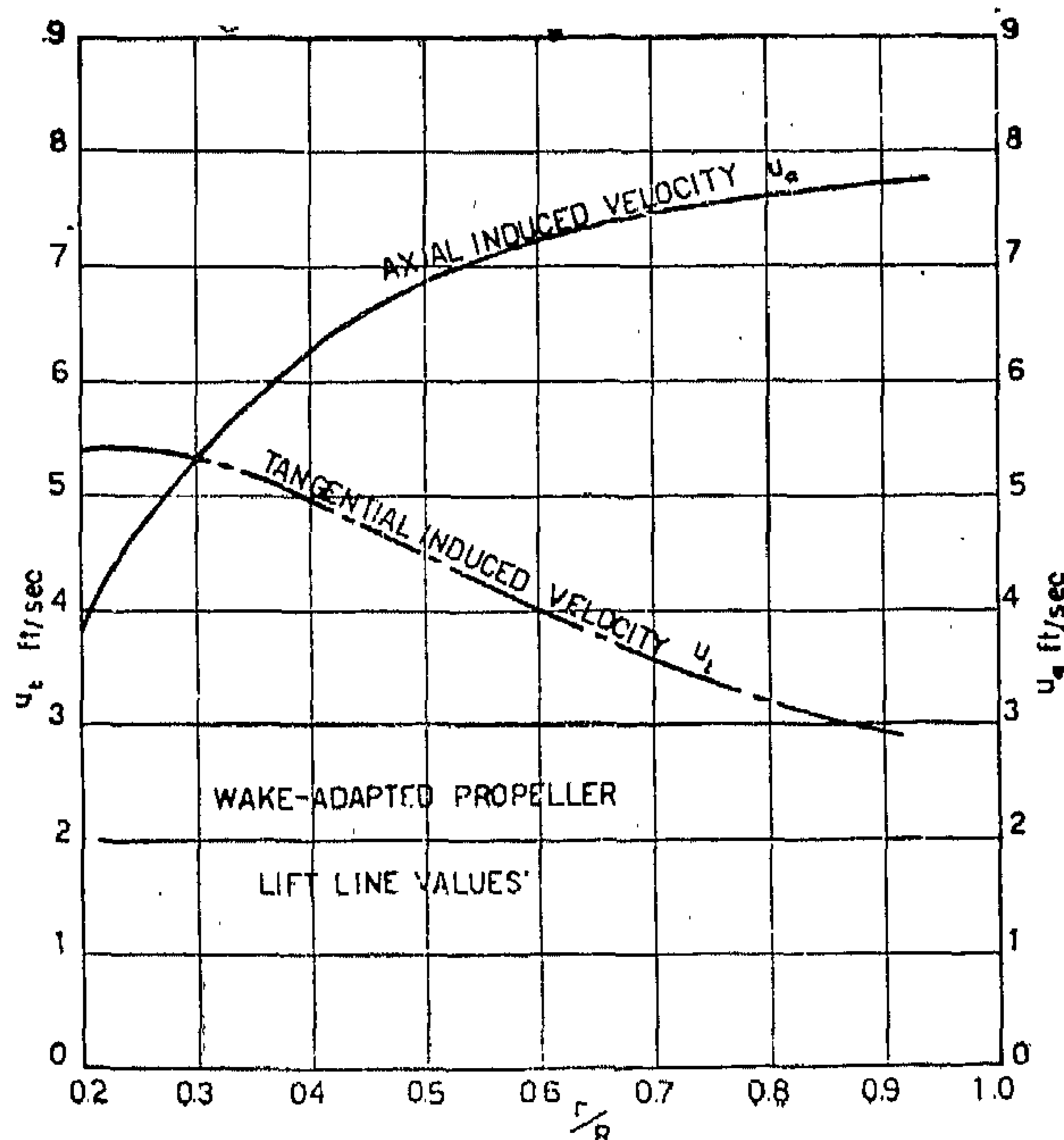


FIG. (8)

The second propeller is the five bladed, free-running propeller for a twin-screw ship treated also in ref. [1] and whose data are

SHP = 32,600/shaft @ 300 R.P.M.
V = 35 knots.
T = 200,000 pounds/shaft.
propeller dia. D = 12.5 ft. t = 0.05

On (fig. 9) both the axial as well as the tangential induced velocities u_a, u_t for that propeller are given along its radius.

The third propeller selected in this treatment is the single screw four bladed A.B.C. transom-stern ship propeller given in reference [9] whose particulars are as follows :

EHP = 10,078 97.2 R.P.M.
V = 20.5 knots T = 172,148 pounds.
w_o = 0.195 t_o = 0.07
propeller dia = 20 ft.

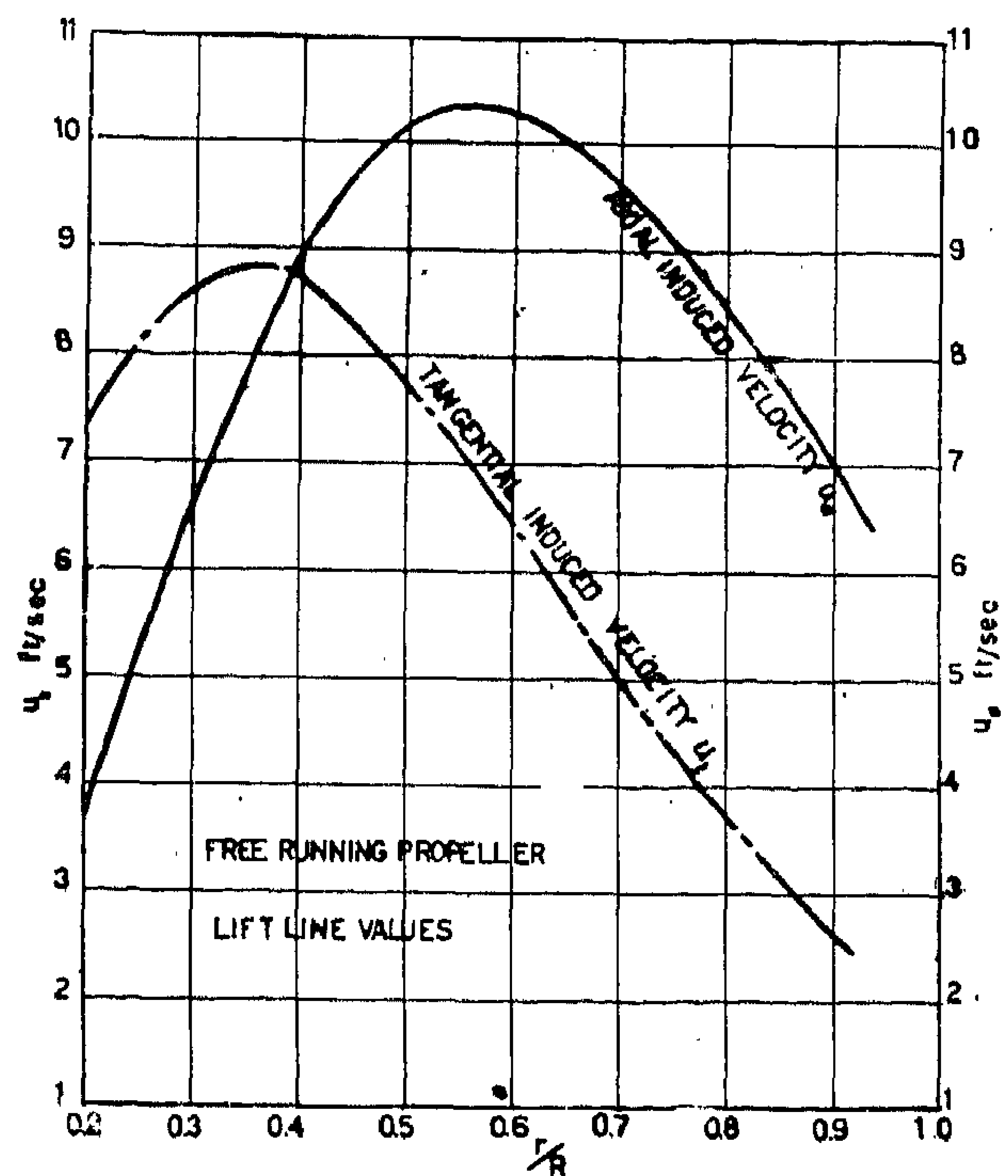


FIG. (9)

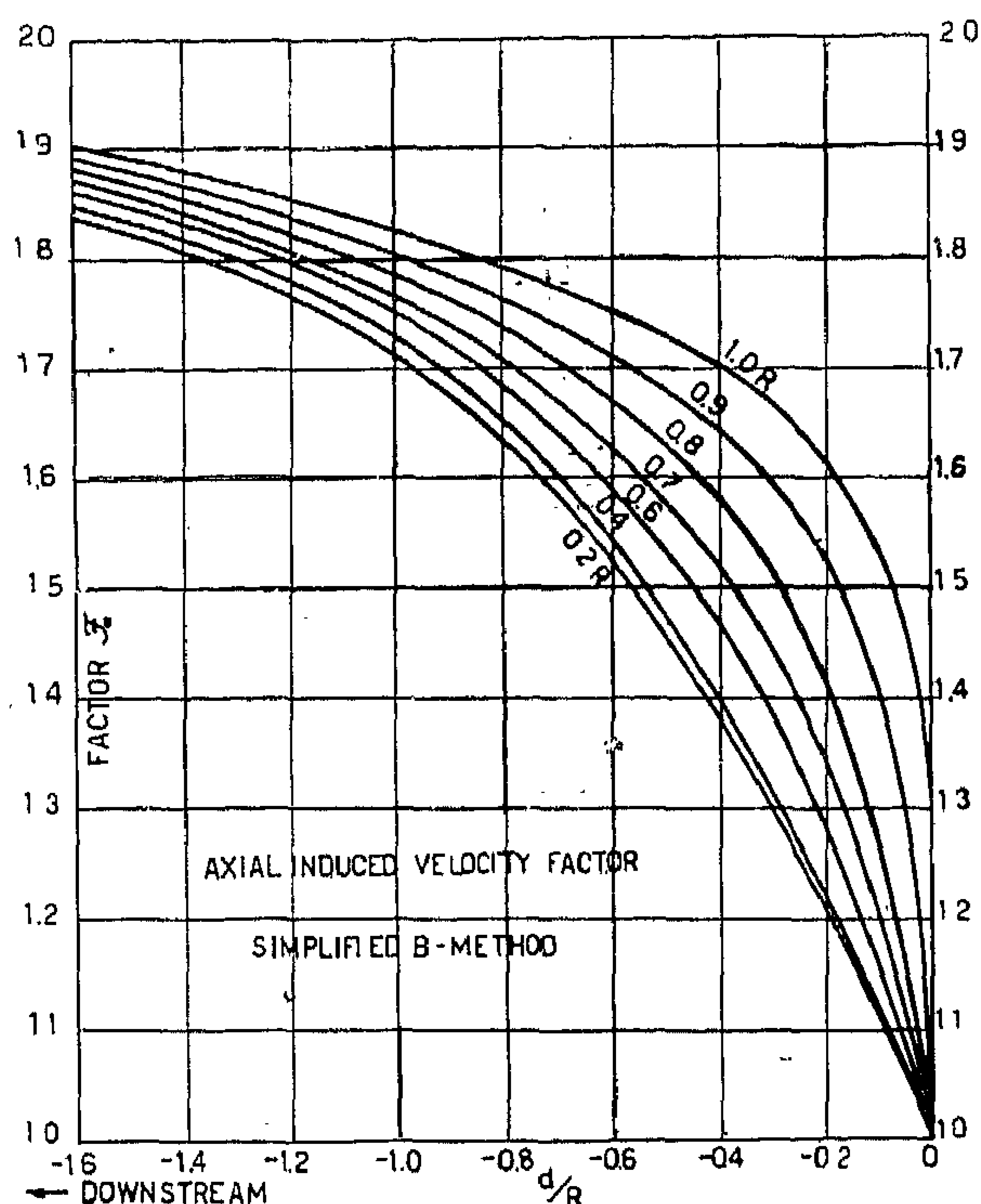


FIG. (6)

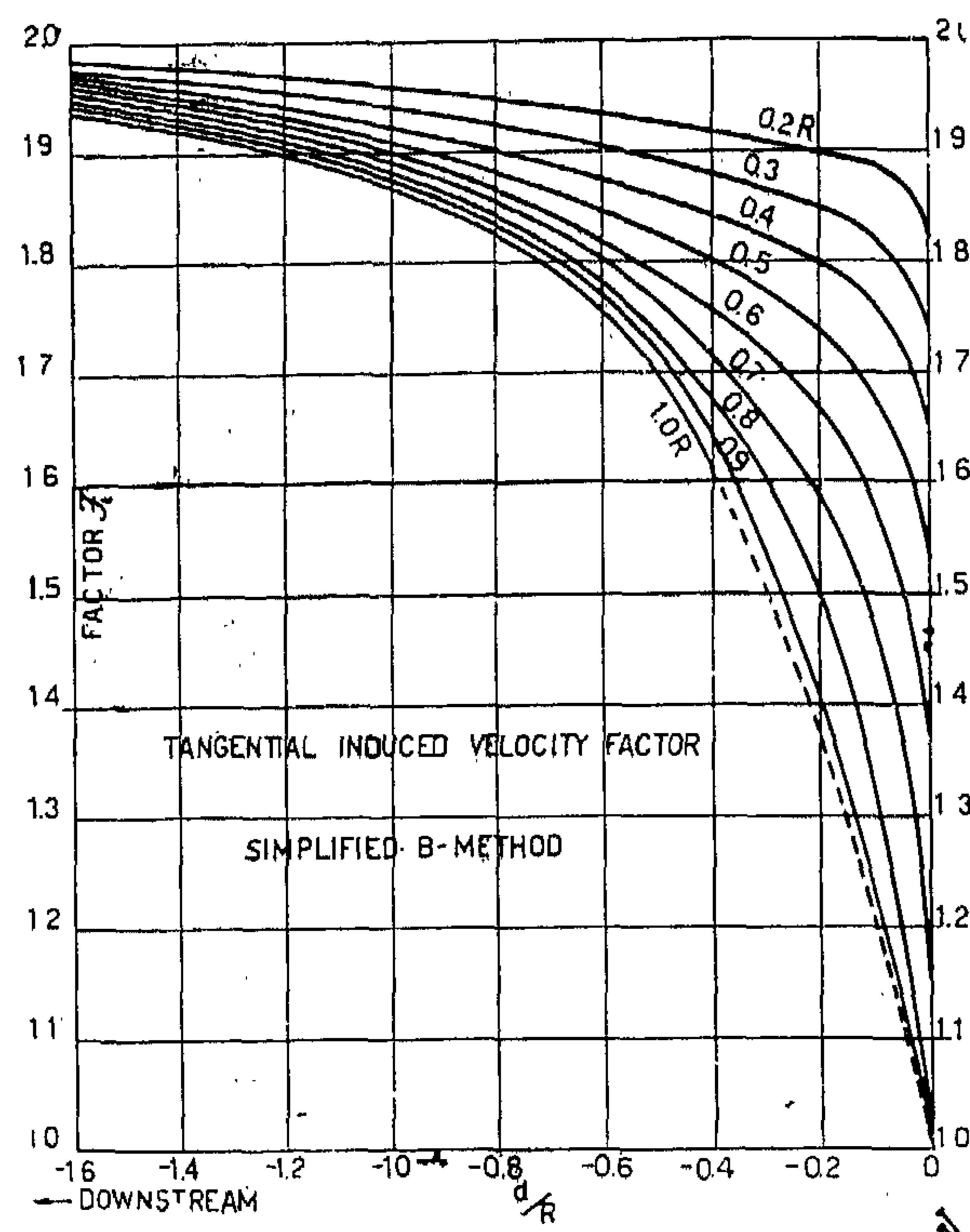


FIG. (7)

It should be noted, however, that on (fig. 6) and (fig. 7) are given both the axial F_a as as well as the tangential F_t induced velocity factor distributions along the propeller axis, for the uniformly loaded case, to be used in conjunction with (fig. 5) for the determination of the normal induced velocity at mid chord u_n^* given by the following relationship namely :

$$u_n^* = F_a \, u_a \cos \beta + F_t \, u_t \sin \beta$$

Finally, by algebrically adding up the curvature camber ordinates alongt he blade chord length to the curvature correction ordinates, the curvature of flow ordinates could be traced along that section.

(iv) Burrill's Method

Prof. Burrill's long experience in designing marine propellers have usually resulted in good practical propellers. It was thought that a comparison with his latest design method [7] would be of particular interest. Although Burrill's method was essentially not intended for the calculation of the curvature of flow, however, the final values of both the pitch and camber ratios as arrived by the application of his method are used here to compare with their respective values as arrived at by other design methods.

Burrill's method uses the optimum value of the camber ratio y/c for the final camber ratio ; while introducing various correction factors in calculating the final pitch namely the slope correction K_R, the cascade correction K_{gs} and the no-lift angle correction $K\alpha$. Burrill's final pitch ratio, however, is given by the term $x \pi \tan \Theta_1$.

Finally by combining both Ludwieg-Ginzel camber correction and Lerbs pitch correction α_2 one could arrive at the curvature of flow at each section [12] resulting from the lifting surface conception.

(ii) The B — Method

In reference [12], the author has advanced a method for the calculation of the curvature of flow of marine propellers denoted the B-Method. This method was based on the construction "a priori" of both the axial as well as the tangential induced velocity diagrams for the propeller under consideration [17]. The construction of the induced velocity curve along the blade chord of each blade section was then affected graphically [18].

The simple integration of the induced velocity curve leads to the curvature correction; while the further integration of the resulting curve would lead to the curvature camber. By algebrically adding up both the curvature camber to the curvature correction ordinates; the curvature of flow ordinates along the chord length are arrived at.

It should be noted, however, that when separating both the camber and pitch distributions that the curvature camber at mid-chord, as arrived at by the B-Method, has to be slightly modified due to the fact that the resulting curvature correction is not approximated by a straight line. The curvature correction, in this case, can be considered to be composed of both an angle of attack as well as a slight camber. The former's ordinate at midchord is therefore added to the curvature camber at that point as demonstrated by the calculations performed on (table 2-B). In such manner both the camber ratios as well as the pitch ratios could be separately compared with their respective results as arrived at from other design methods.

(iii) The simplified B — Method

In the course of further treatment of the same problem, the author has advanced a simple method [12], to be used for practical application to propeller design, whereby the curvature of flow could be readily calculated with less effort while rendering a fair degree of accuracy. That method was denoted the simplified B-Method.

The result of the author's investigations have lead to the curve given on (fig. 5), represented by a straight line relationship in which :

the curvature camber ratio $\frac{m_{xi}}{l} = \frac{1}{8} \frac{u_n^*}{V^*}$

and the curvature correction ordinate

$$\frac{1}{2} \tan \alpha_2 = \frac{1}{2} \frac{u_n^*}{V^*}$$

Now with the knowledge of the normal induced velocity at mid chord u_n^* and the inflow velocity V^* and the blade chord length l, both the curvature camber at mid point m_{xi} as well as the curvature correction approximated by a straight line forming an additional angle of attack α_2 and given by the term ($1/_2$ $\tan \alpha_2$), could be easily determined by means of (fig. 5).

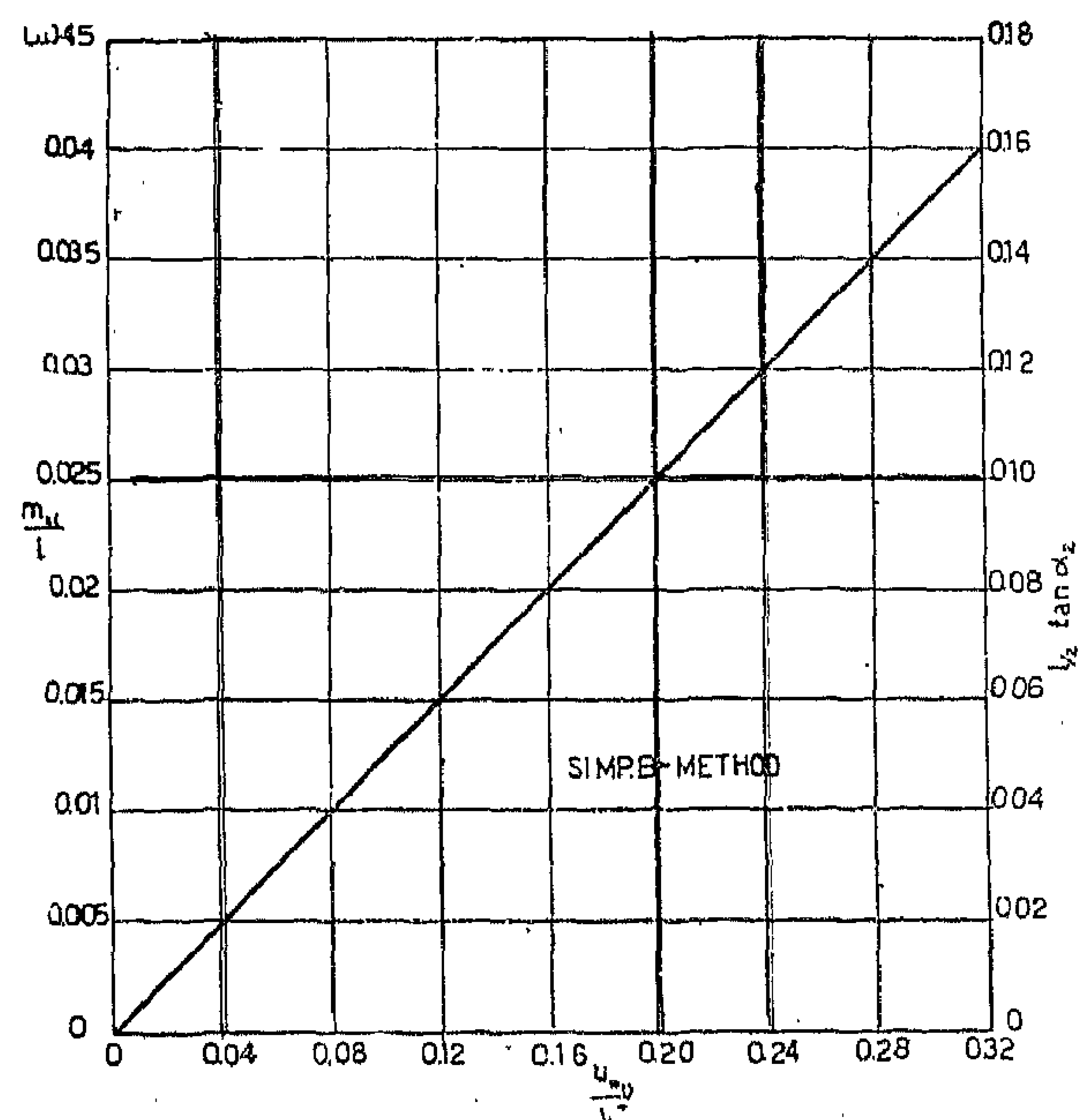


FIG. (5)

of the lifting surface. The first intervens as an additional angle of attack α_i, incorporating both the friction correction as well as the ideal angle of attack of the meanline [1]. For NACA a = 0.8 meanline ; $\alpha_i = 1.15\ C_L$ degree. While for a circular are meanline, $\alpha_i = 2.86\ C_L$ degree.

The effect of the intervention of viscosity on the propeller action, however, is an increase in torque coupled with a decrease in thrust. This effect is usually corrected in the final steps of the design by increasing the pitch by the amount corresponding to the angle of attack α_1, at each section.

In the course of further calculations, both the basic pitch as well as the basic camber have to be corrected for the influence of the lifting surface. The correction being represented by an angle of attack as well as a camber line, both combined to form the curvature of flow of the section profile. Various investigators have attempted to develop a lifting surface theory through which the curvature of the flow could be determined. The work done in this respect by Lerbs, Ludwig-Ginzel, Guilloton, Hill, Sparenberg and others is to be noted.

In what follows, we are going to treat separately then compare the results obtained by applying Lerbs-Ludwieg-Ginzel work as well as Burrill's and the B-Method introduced by the author [12] for the calculation of the curvature of flow. Three different propellers have been selected and the resulting pitch as well as the camber distributions have been separately calculated for each case.

(i) Lerbs — Ludwieg — Ginzel Method

Ludwieg and Ginzel in reference [13], [14] have proposed a camber correction based on theoretical considerations to be applied to the basic camber ratio $\frac{m_x}{l}$, as read from the incipient cavitation charts for two-dimensional flow. In its modified form it comprises two correction factors k_1, and k_2 [1], and is applied to the effective camber ratio as follows :

$$\frac{m_x}{l}\ (\text{corrected}) = k_1 \times k_2 \times \frac{m_x}{l}$$

It should be noted, however, that in their solution Ludwieg and Ginzel have examined the curvature of flow only at the halfway point of the blade section.

Meanwhile, experiments on propellers designed as such have shown that they were underpitched. Lerbs [16] solved this problem by considering the lifting surface effect arising from both the free and bound vortices by using Weissinger's approach [15] in reverse and was able to approximate the pitch discrepancy by means of an additional angle of attack α_2

namely :

$$\alpha_2 = \alpha_b + \alpha_f - (\alpha_i + \alpha_o)$$

where

α_b = correction due to bound vortices

$$= \frac{\sin\beta_i}{2}\ \Sigma\left[\frac{1}{D}\sin\mu - 0.7\cos\beta_i\cos\mu\right]$$

$$\int^{1}_{xh} \frac{G\,dx}{(P/R)^3}$$

α_f = correction for the effect of the free vortices

$$= \alpha_i\left[\frac{2}{1 + \cos^2\beta_i\ (2/h - 1)}\right]$$

α_o = meanline no-lift angle

= $0.13\ C_L$ radian for circular arc meanline

= $0.139\ C_L$ radian for a = 0.8 meanline

$\alpha_i = (\beta_i - \beta)$ radians

It should be noted, however, that Lerbs *pitch correction is made for the 0.7 radius* section and then the same percentage is applied to other radii.

The final pitch can thus be computed as follows :

$$P/D = \pi\,x\tan(\beta_i + \alpha_1)\left[\frac{\tan(\beta_i + \alpha_2)_{0.7}}{(\tan\beta_i)_{0.7}}\right]$$

Meanwhile, the choice of the lift coefficient, for a certain propeller blade section is usually performed under certain conditions. These conditions might be either to fulfil a minimum drag-lift ratio at that section or to create the state of fully developed cavitation or to arrive at the more practical condition of cavitation free flow. To satisfy this latter condition, either we must have measurements of the lift coefficient at the onset of cavitation as demonstrated by Walchner's work [10] for example ; or the determination "a priori" of the minimum pressure at the profile from the potential theory calculations [11].

The optimum conditions with respect to the minimum pressure however, exist at the shock free entry i.e. zero angle of incidence hence the lift is created by camber only.

This flow condition, of creating lift by camber only, yields the greatest lift coefficient and hence the smallest possible chord length with respect to the onset of cavitation.

For the determination of the effective camber ratio $\frac{m_x}{l}$, in two dimensional flow, two methods can be used. The first is to calculate the camber ratio for an arbitrary selected mean line for the required lift coefficient C_L. For instance for the a = 0.8 mean line; a camber ratio $\frac{m_x}{l}$ of 0.0679 renders unity lift coefficient with proportionate values at corresponding lift coefficients.

In the second method both the camber ratio $\frac{m_x}{l}$ as well as the thickness ratio $\frac{t_x}{l}$ could be read from the incipient cavitation diagrams [I], [II], corresponding to the selected type of section and meanline.

On such diagrams, however, the incipient cavitation number, at which the first cavitation begins, is derived theoretically by assuming that cavitation starts at the point of minimum pressure on the blade section. On reference [11], incipient cavitation diagrams have been prepared for a number of NACA sections, namely, NACA 16, 65A and 66 TMB modified section with a = 1.0 and a = 0.8 mean lines operating at the shock free entrance condition.

In what follows, both the wake-adapted propeller given in reference [1] as well as the A.B.C. transom-stern ship propeller [9] have been treated separately and a modified NACA 66 section and NACA 16 section has been selected together with a = 0.8 mean line. The corresponding incipient cavitation diagram [1], [11] has been used to determine the value of the effective camber ratio, in two-dimensional flow, $\frac{m_x}{l}$ at its corresponding section thickness ratio $\frac{t_x}{l}$ as given by the strength calculations for each case.

The effective camber ratio distribution along the radius of each propeller blade, however, has been used as a base of comparison between the camber ratio as arrived at from the different design methods, based on the lifting surface conception, as given in the following sections.

PART II

THE LIFTING SURFACE CONCEPTION

So far we have treated both the pitch and camber distributions along the radius when considering the propeller blade as a lift line. Due to the fact that marine propeller blades are broad it follows that they have to be replaced by a lifting surface rather than a lift line. This amounts to introducing vortex sheets instead of vortex lines in the calculation of the curvature of flow in the way of the propeller blades.

Meanwhile, the basic pitch at each radius, as calculated previously, has to be corrected for the influence of viscosity besides the effect

using the previously mentioned formulations are given on (table 1) and shown on (fig. 3) and (fig. 4) respectively. On the same figures, are drawn the radial distribution of both the thrust deduction as well as the wake faction for each propeller. For both propellers, however, it is observed that both van Lammeren and van Manen's basic pitch distributions show extreme values; while Lerbs and Burrill-Troost distributions demonstrate closer trend. Moreover, the proposed formulation seems to be in closer agreement with such a trend.

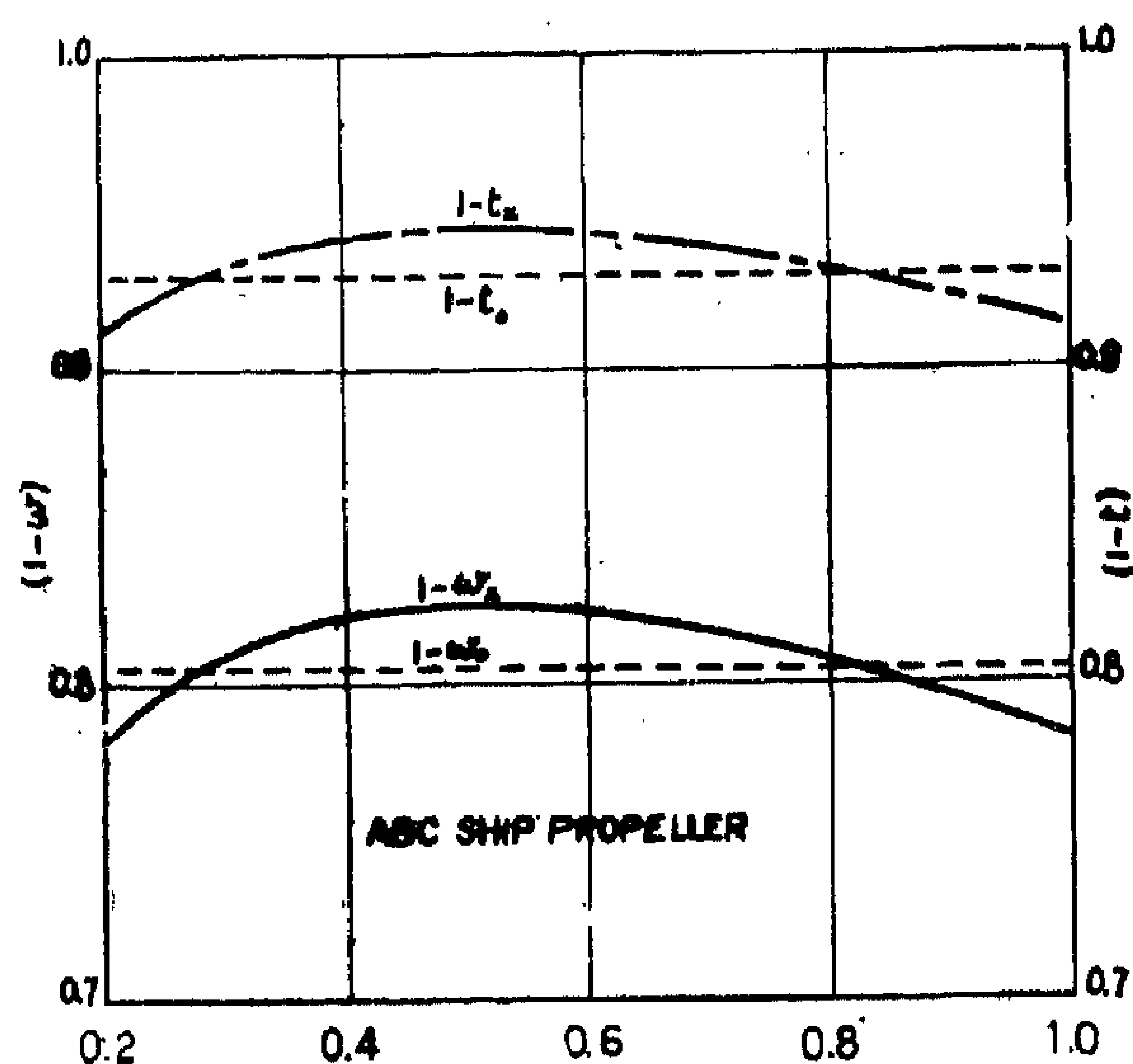
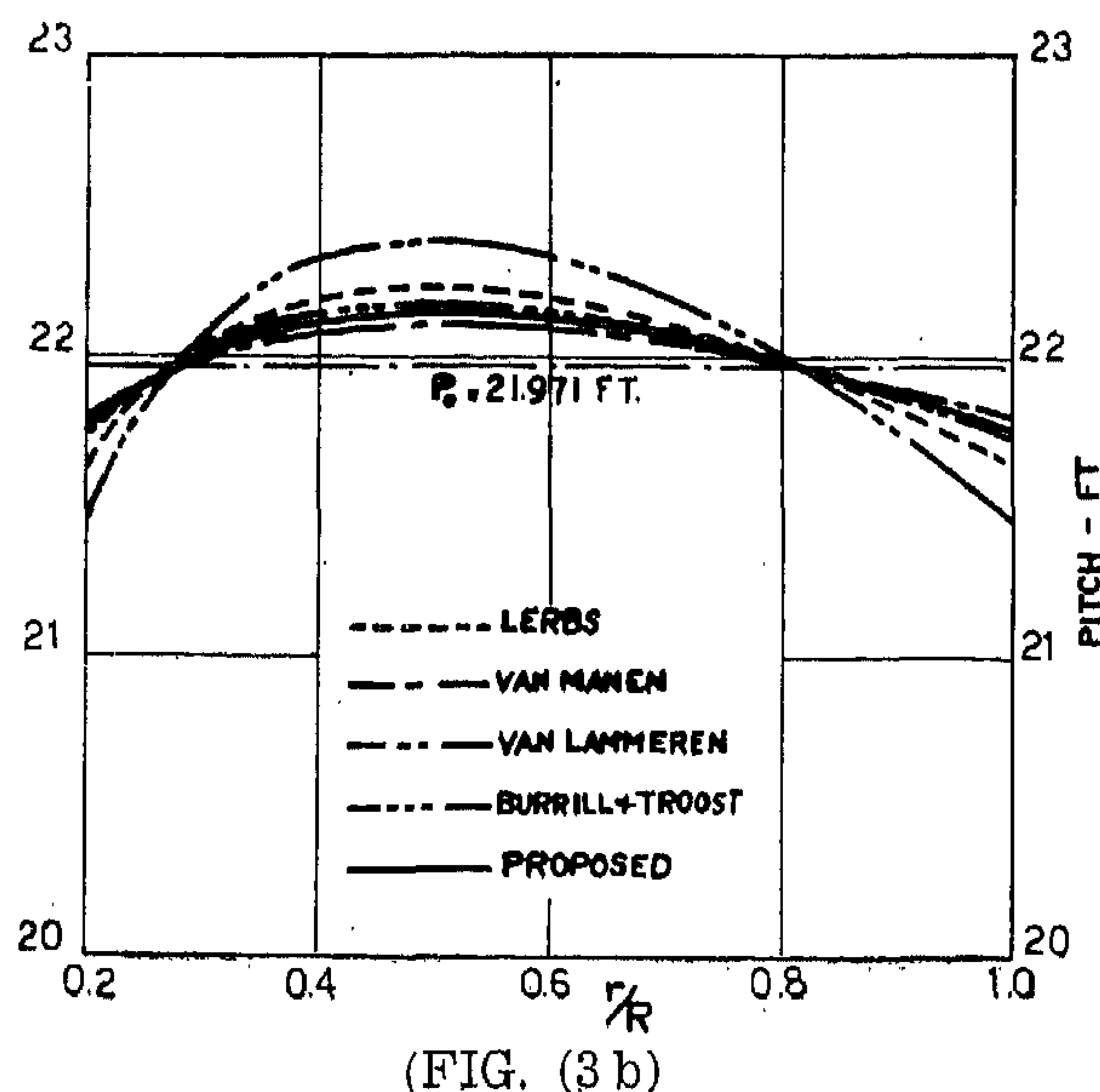


FIG. (3 a)



(FIG. (3 b)

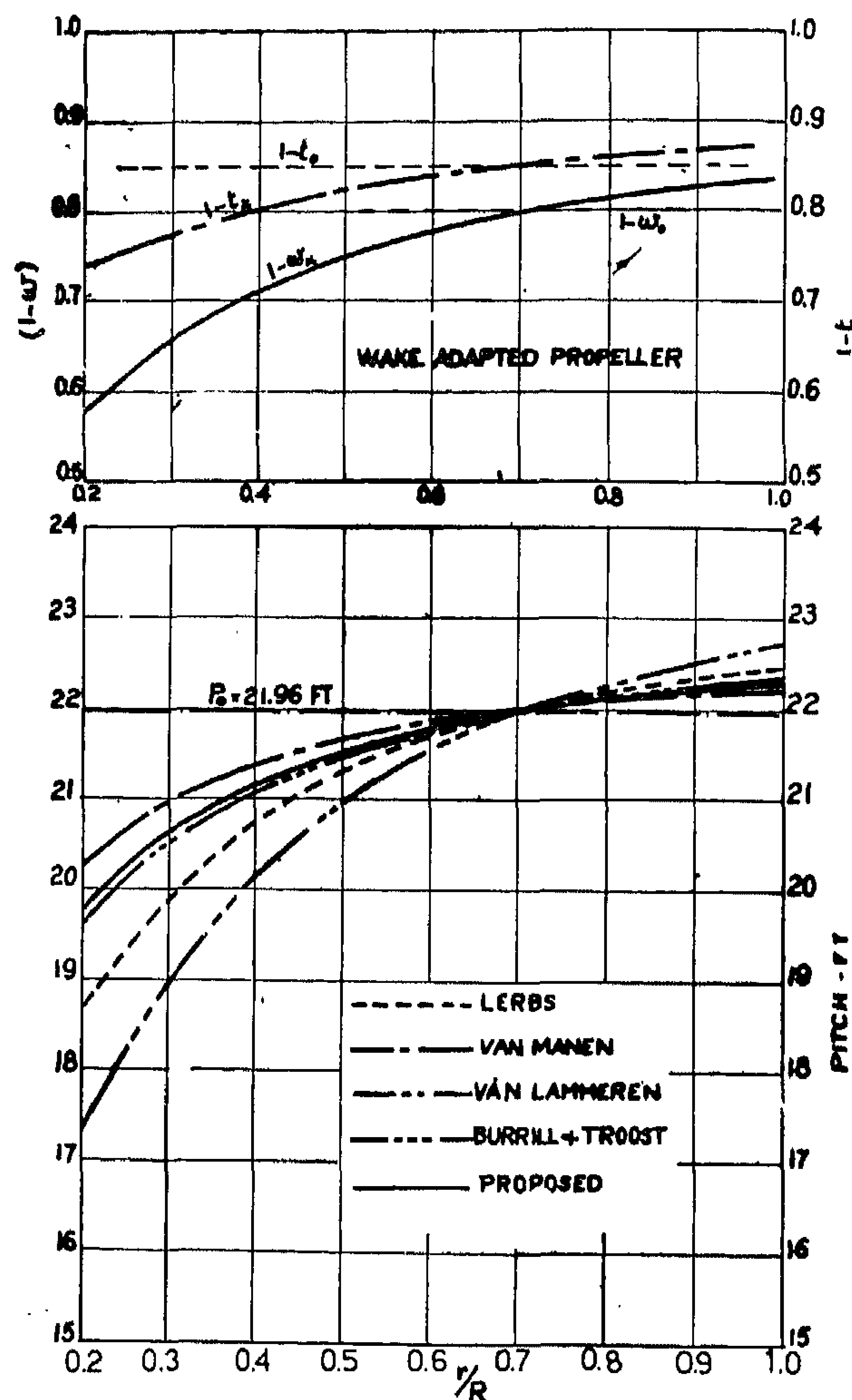


FIG. (4)

In the following treatment, however, Lerbs basic pitch distribution was adopted as a base for comparison of the different propellers under discussion.

(ii) The Basic Camber Distribution

In the course of further calculations, based on the circulation theory of marine propellers, the lift coefficient has to be determined in order to arrive at the required basic camber distribution as well as the blade thickness distribution along the radius.

The basic camber distribution treated here is the effective earnber in two dimensional flow following the lifting line conception.

Inserting this condition in equation (7) we get

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right)^{3/4} \left(\frac{1 - t_x}{1 - t} \right)^{1/2} \tan \beta$$

applying van Manen's standard thrust deduction distribution namely

$$\frac{1 - t_x}{1 - t} \simeq \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right)^{1/4}$$

we get

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right)^{3/4} \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right)^{1/8} \tan \beta$$

$$= \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right)^{5/8} \tan \beta$$

From which we could get

$$P/P_o = \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right)^{3/8} \simeq \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right)^{1/3} \quad (8)$$

and $$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right)^{2/3} \tan \beta \quad (9)$$

Other Formulations

Van Lammeren [5] on the other hand assumes a particular condition for the minimum energy loss in the case of a wake adapted propeller, namely by keeping the axial displacement velocity u'_a at the screw disc constant and equal to the axial displacement velocity of the optimum open water propeller. On such assumption van Lammeren was able to deduce the following relationship :

$$\tan \beta_i = \left[\frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right) + \left\{ 1 - \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right) \right\} \right] \tan \beta \quad (10)$$

Troost [6] suggested that the condition of minimum energy loss *for* the case of constant pitch of the helicoidal vortices in the flow far behind the hull propeller system is identical to that of the optimum equivalent open water propeller far behind the screw disc. Troost was able was able to arrive at the following expression :

$$\tan \beta_i = \left[\frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right) + \frac{1}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{1 - w}{1 - w_x} \right) \right\} \right] \tan \beta \quad (11)$$

It is be noted that the same condition for minimum energy loss has also been adopted by Prof. L. C. Burril although in a somewhat different form namely :

$$x \pi \tan \varepsilon = \text{Const.}$$

when retaining Burrill's notations.

Troost [6] has also advanced an expression for the thrust deduction distribution for the case of the B 4.55 propeller namely

$$\frac{1-t_x}{1-t} = \frac{(1.135 \; J_x) - J}{(1.135 + J_x) - J \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right)} \quad (12)$$

where $$J_x = \frac{J}{1 - w}$$

When comparing the basic pitch distribution P of the optimum wake adapted propeller with the radially constant pitch P_o of the equivalent open water propeller the following formulae can be deduced :

From Lerbs equation (5)

$$P/P_o = \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right)^{1/2} \quad (13)$$

From Van Manen equation (7)

$$P/P_o = \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right)^{1/4} \quad (14)$$

from the proposed formula equation (8)

$$P/P_o = \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right)^{1/3} \quad (15)$$

From Van Lammeren's equation (10)

$$P/P_o = 1 + \xi_i \left\{ \left(\frac{1 - w_x}{1 - w} \right) - 1 \right\} \quad (16)$$

From Troost and Burrill

$$P/P_o = 1 + \frac{1}{2} \xi_i \left\{ \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right) - 1 \right\} \quad (17)$$

Calculations carried out on both the A B C transom-stern ship propeller [9] and the wake adapted propeller treated in reference [1],

Instead of applying Munk's displacement theorem van Manen [4] added an increment of circulation $\triangle \Gamma$ at the screw disc, and by neglecting the possible influence of such increment on the circulation of other sections, arrived at the following formulation :

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right) \left(\frac{1-t_x}{1-t} \right) \tan \beta \quad (4)$$

It is clearly demonstrated from both equations (1 and 2) the importance of the thurst deduction distribution over the radius. Nevertheless, Lerbs has assumed that the radial variation in the thrust deduction factor t was small with regard to that of the wake coefficiet w ; hence he neglected the variation

$$\left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)^{1/2}$$

hence Lerbs equation (1) can be written

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{1/2} \tan \beta \quad (5)$$

Meanwhile, van Manen [8] goes to great length to establish that the distribution $\left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)$ is a function of the wake distribution $\left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)$

After a rather complicated analysis of data, with a few commercial ship forms at one degree of propeller loading, arrives at the following approximation namely

$$\left(\frac{1-t_x}{1-t} \right) \simeq \left(\frac{1-w_x}{1-w} \right)^{1/4} \quad (6)$$

Which expression can be adapted for general design work. However, such approximation as has been pointed out by Troost [6] would result in propellers of identical pitch distribution for a given wake pattern for any pitch ratio and number of revolution, since such approximation is independant of propeller loading.

Van Manen's equation (4) thus becomes

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{3/4} \tan \beta \quad (7)$$

Proposed formulation

It is suggested here that a more appropriate solution to this problem would be to adopt Munk's displacement theorem as per Lerbs assumptions resulting in equation (3) namely.

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{1/2} \left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)^{1/2} \tan \beta$$

However, since Lerbs simple approximation of the minimum energy condition is

$$\frac{\tan \beta_i}{\tan \beta} = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{1/2}$$

and in the same way, when neglecting the radial variation of the thrust deduction van Manon's equation reduced to

$$\frac{\tan \beta_i}{\tan \beta} = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)$$

Moreover, van Manen assumed the addition of a small circulation element $\triangle \Gamma$ at a certain radius in the velocity field at the location of the screw and neglected the change of induced velocities caused by this element, which amounts to the application of Munk's displacement theorem with the neglect of the squares of the induced velocities. However, in Lerbs derivation a change of the induced velocities is introduced as caused by the elements $\triangle \Gamma$ [4].

It could be concluded that any preference for one of the two previous derivations must depend on the approximations one is prepared to accept. It is thus in order if we adopt an expression which lies between the two previous derivations and with the neglect of the radial variation of the thrust deduction we get the derivation

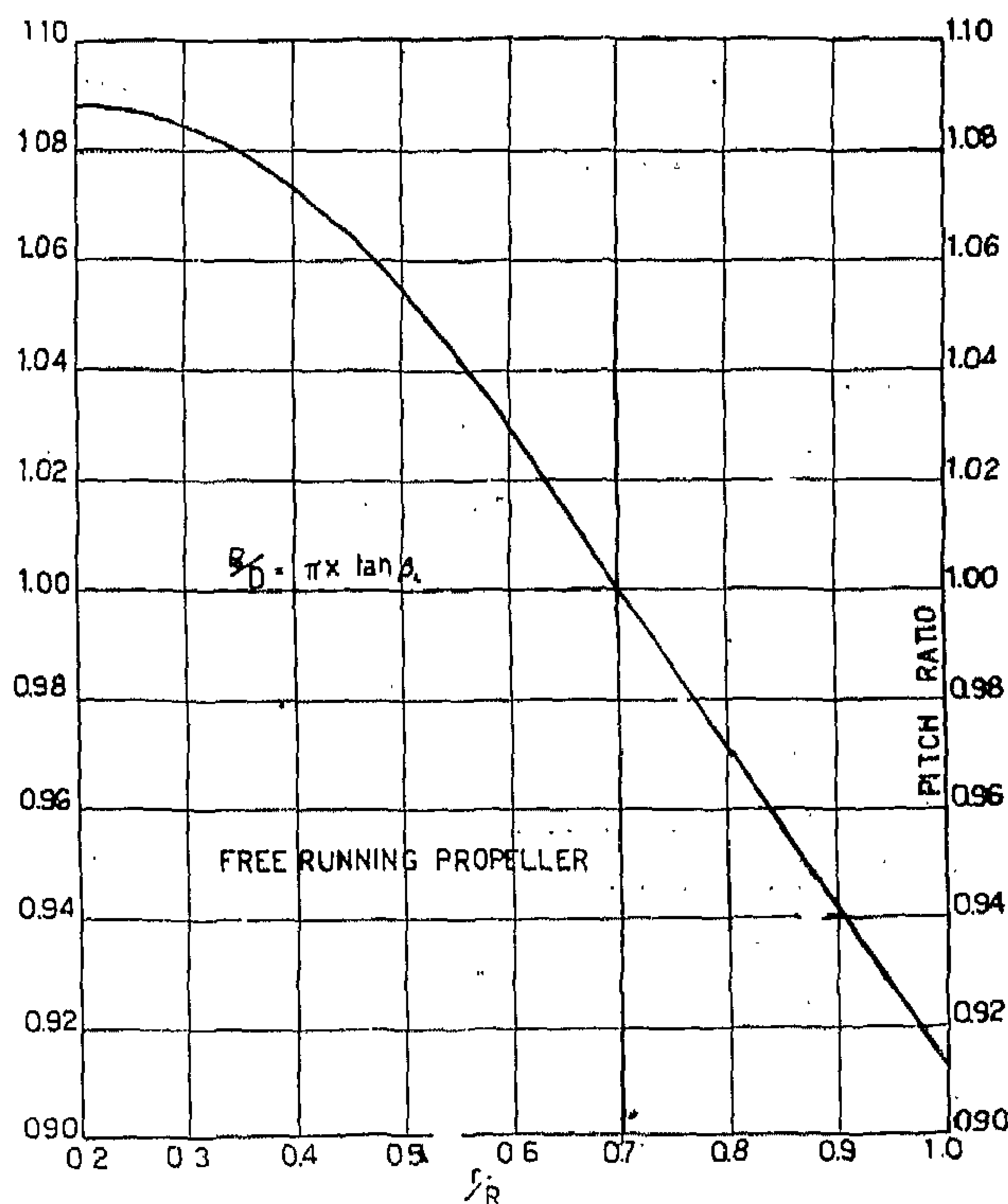
$$\frac{\tan \beta_i}{\tan \beta} = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{3/4}$$

diminished . The pressure leakage around the blade tip resulting in the loss of the lifting effort is thus reduced [1].

The same result could be achieved by reducing the camber at the same sections.

By similar reasoning a reduction of pitch at the hub will tend to decrease root and hub vortices.

Reference [1], sites a suitable pitch distribution, for the free running case, with a reduced tip pitch distribution in order to delay tip vortices. This distribution (fig. 2) has



(FIG. 2)

been devised from a series of model tests, and consists of a parabola with its vertex at the hub joined at the 0.6 radius section by a sloping line with reduced pitch towards the tip. The pitch at the 0.7 radius being that given by equation (I), namely $\frac{P_o}{D} = \pi \ x \ \tan \beta$.

(B) The second method of approach is to calculate the pitch distribution for a selected optimum circulation over the blade radius. This being the best approach in the case of wake—adapted propellers associated with single screw ships. Several formulations have been advanced to give the relation between both hydrodynamic pitch angles β and βi for such case. Such formulatons are known from the work of Lerbs [3], Van Manen [4], Von Lammeren [5], Troost [6] and Burrill [7]

Formulations for the Basic Pitch Distribution

In his calculations, Lerbs [3] assumed a cylindrical section dr of a propeller blade at radius and delivering a thrust element d T to overcome a hull resistance element d R. Lerbs applied both Helmbold principal as well as Betz's theorem for optimum flow, namely ading an element or circulation $\triangle \Gamma$ at the same radius r and assuming that no increase in efficiency will result in the hull propeller system by changing the radial distribution of circulation.

Furthermore, Lerbs applied M unk's displacement theorem, namely adding a circulation element $\triangle \Gamma$ far behind the screw disc which is equivalent to neglecting the quadratic terms of the induced velocities.

Finally, Lerbs arrived at the following basic relationships :

$$\tan \beta_i = \frac{1}{\xi_i} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{1/2} \left(\frac{1-t_x}{1-t} \right)^{1/2} \tan \beta \quad (3)$$

Where :

t = mean thrurst deduction coefficient over at the screw disc

t_x = mean thuest deduction coefficient at a cylindrical section x of the screw.

w = mean wake fraction over the screw disc.

w_x = mean wake fraction at a cylindrical section x of the screw.

ξ_i = ideal efficiency of the equipment open-water propeller.

machine; while its sections are given the correct camber.

In what follows, the basic pitch and camber distributicns resulting from the lift line theory in perfect fluid; as well as the pitch and camber distributions arrived at by considering the intervention of both the viscosity and the lifting surface conception are treated separately. By so doing, both the pitch and the resulting camber along the radius as rendered by the different design methods at the shock free entrance condition, could be easily separated and hence compared.

PART I

THE LIFTING LINE CONCEPTION

(1) The basic Hydrodynamic Pitch Distribution

In order to calculate the basic hydrodynamic pitch distribution over the radius of a marine propeller by means of the circulation theory using the lifting line conception i.e. two dimensional flow two methods of approach are generally encountered.

(A) The first method of approach is to assume the pitch distribution and then compute the resulting circulation. This being the optimum circulation does not always result in case of the free running propeller; where the optimum circulation does not always result in rpopellers having the best cavitation characteristics.

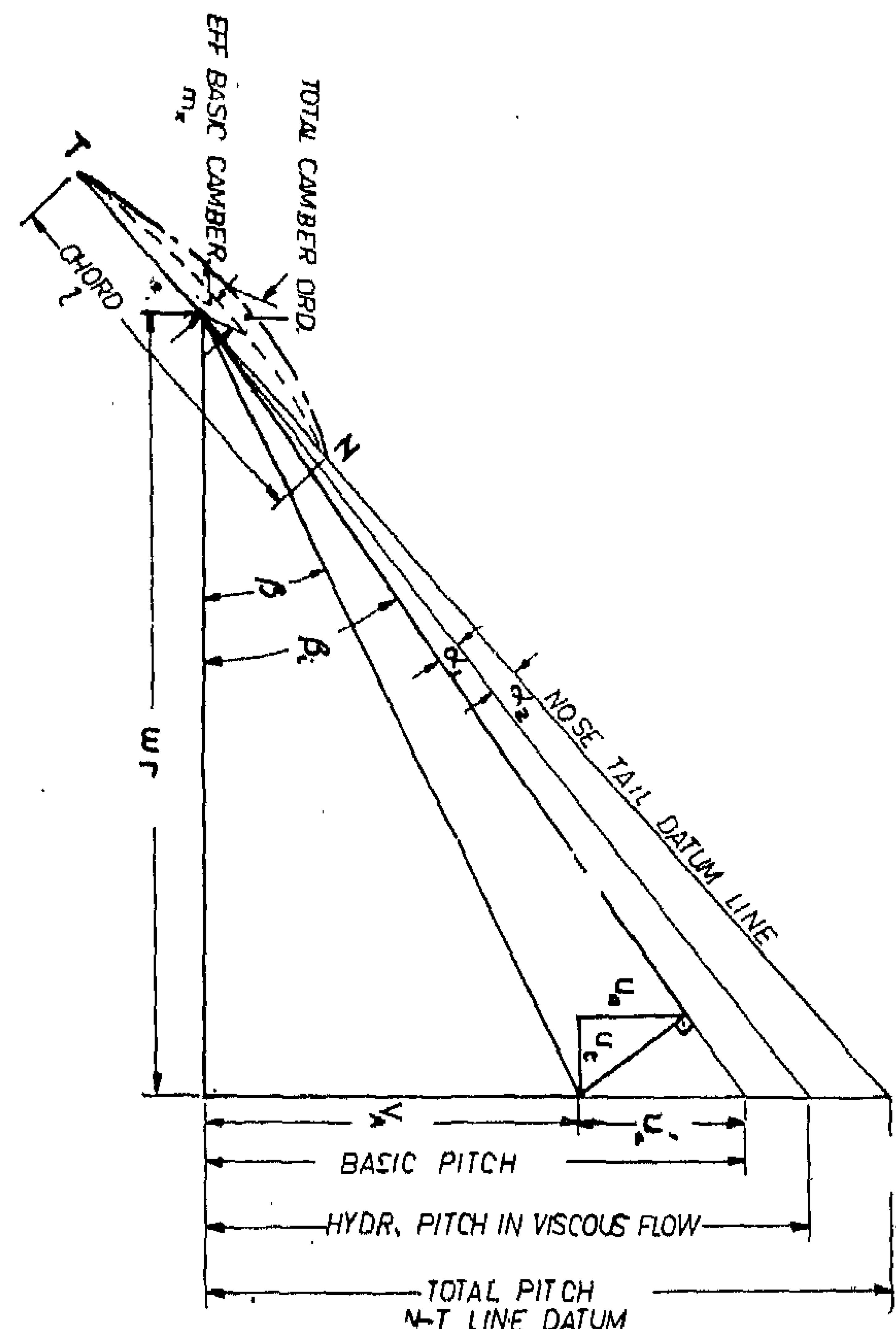
The uncorrected basic pitch distribution over the radius of an optimum propeller working in open water and designed for shock free entry condition, however, can be easily determined. All existing methods offer a relation between the hydrodynamic pitch angle β; namely $\tan \beta = \frac{V_A}{wr}$ given by the propeller data; and the hydrodynamic pitch angle βi, corrected for the induced velocities (fig. 1), namely

$$P/D = \pi \times \tan \beta_i \qquad (1)$$

Such relation is given in the case of homogeneous flow, for the free running propeller by

$$\tan \beta_i = 1/\xi_i \tan \beta \qquad (2)$$

This gives essentially the same pitch P_o at all radie. Such basic pitch distribution, however, remains characteristic for the marine propeller final design; since the absolute amount of pitch at any radius has further to be corrected for the lifting surface conception; namely the influence of he curvature of flow as well as the influence of viscosity.



(FIG. 1)

From cavitation considerations, however, it may be advantageous to modify such pitch distribution. By reducing the pitch near the propeller blade tip, in a way to avoid tip vortices; the tip circulation is deliberately

CAMBER AND PITCH DISTRIBUTIONS FOR MARINE PROPELLERS

By

Dr. F. BAHGAT, M.Sc., Ph.D., A.M.R.I.N.A.
Ass. Prof. Marine Engineering and Naval Architecture Dept.
Alexandria University.

SUMMARY

This paper deals with marine propellers in what concerns both their radial pitch and camber distributions. It has been divided into three main parts :

In Part I, the lift line conception has been presented and formulations for both the basic pitch distributions as well as the basic or effective camber distributions has been advanced. A simple formula has been suggested for the determination of the basic pitch distribution, for the case of the wake adapted propeller, and has been applied as well as to two different cases.

In Part II, the lifting surface conception, to take care of the effect of the wide blade marine propellers or in otherwards the curvature of the flow, has been presented. A brief account of the different calculation methods dealt with in this paper, namely the Lerbs-Ludwieg-Ginzel method, the B-Method, the simplified B-Method as well as Burrill's method has also been advanced.

In Part III, the application of the previous design methods to three different propellers has been dealt with, and the comparison between the result of these methods discussed at the shock free entrance condidition. The nose-tail line, however, being taken as datum of comparison in these cases.

Finally, a comparison between the previous methods has been effected in what concerns the ratio of the induced camber to induced incidence.

Introduction

Propeller model tests indicate that, within certain limits, it is possible to vary the radial pitch distribution without materially affecting the propeller efficiency [1]. This has also been demonstrated by the application of Barrill's strip theory calculations [2]. From such calculations it was concluded that no special advantage was gained from the application of the various types of radial pitch variations and consequently the choice is left for the designer in order to avoid anticipated cavitation or flow breakdowns. In certain cases, however, a sizeable gain in efficiency can be obtained when using a pitch distribution and propeller load [1].

Moreover, if the shock-free entrance condition is to be achieved a certain relation must exist between the pitch and the camber of the section. Such relationship is, however, difficult to achieve and still be certain of maintaining the shock-free entrance condition, if a propeller is to be designed with a pitch line which is easy to mauld and

EDITING COMMITTEE

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretarial at the address of the Egineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T.60 per annum.

Subscription for others P.T.200 per annum.

HEAD OFFICE

Cairo : Egyptian Society of Engineers,
28, Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

Sole agents for advertisements to be inserted in this periodical :

JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS
U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

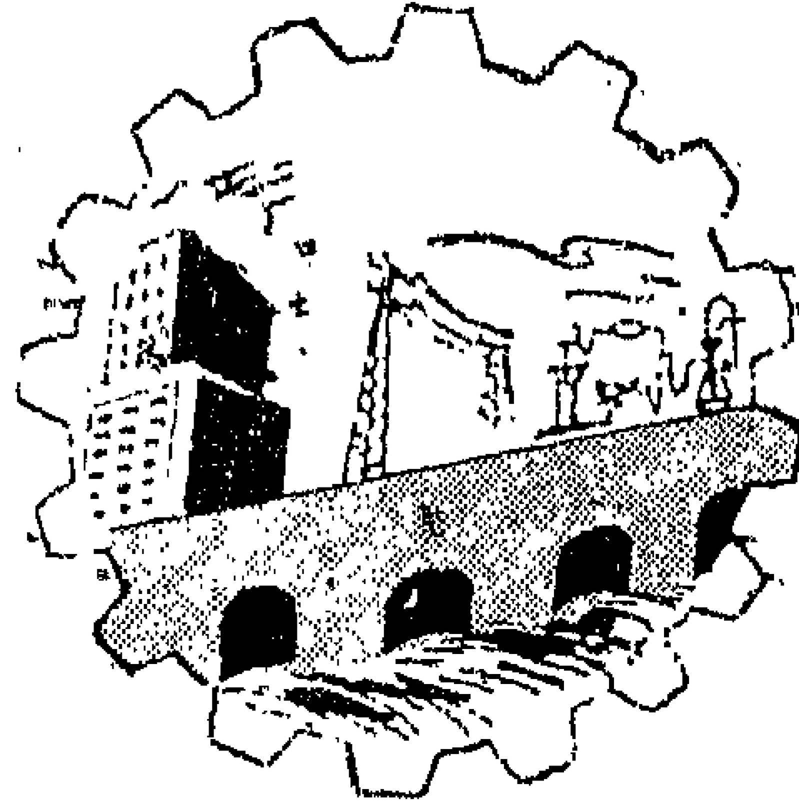
VOL., III — No. 3 — JULY 1964

CONTENTS

ENGLISH SECTION

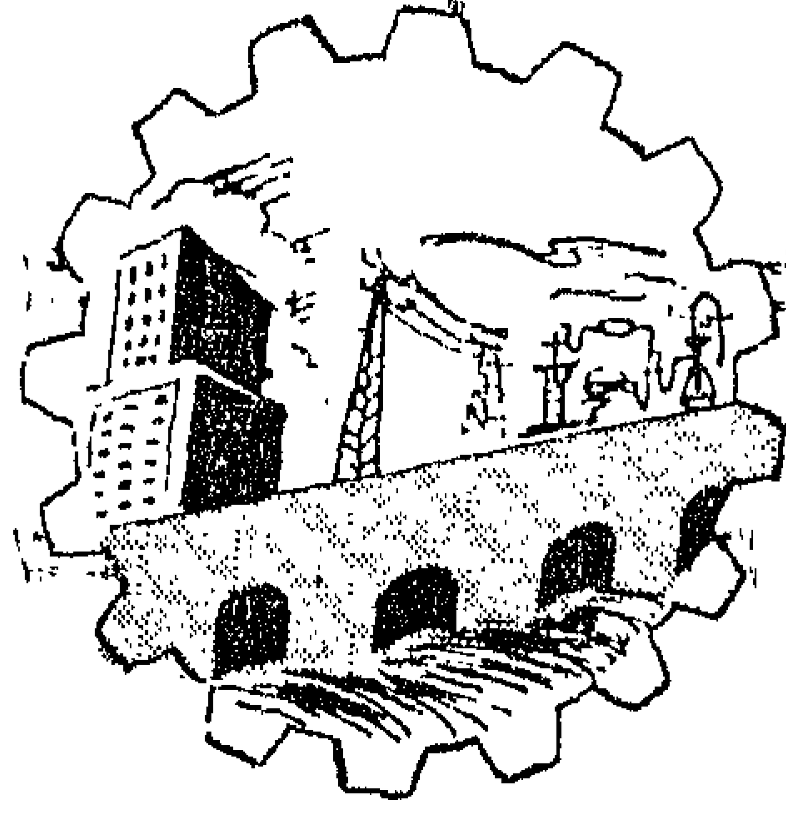
ARABIC SECTION

"Mondiale" Press—Cairo.



JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U. A. R.

JULY 1964
Vol. III
No. 3



مجلة

جمعية المهندسين المصرية

العدد الرابع — المجلد الثالث — أكتوبر — نوفمبر — ديسمبر ١٩٦٤

مجلة

جمعية المهندسين المصرية

مجلة علمية هندسية — تصدرها كل ثلاثة شهور

جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة

السنة الثالثة — العدد الرابع أكتوبر - نوفمبر - ديسمبر — ١٩٦٤

محتويات لهذا العدد

القسم العربى

القسم الافرنجى

بيانات :

مقر المجلة :

جمعية المهندسين المصرية
٢٨ شارع رمسيس بالقاهرة
تليفون ٥٢١٠٦

الاشتراكات :

- جميع أعضاء جمعية المهندسين بالقاهرة مشتركون فى المجلة بحكم عضويتهم

الاشتراك السنوى

	للمهندس	للهيئات
لغير الأعضاء :	ص / ٦٠	ص / ٢٠٠

- ترسل البحوث والموضوعات والتعليقات إلى أمانة التحرير بمقر جمعية المهندسين المصرية بالقاهرة .
- ترحب المجلة بما يرسل إليها من بحوث وموضوعات هندسية وأى تعليقات علمية للمناقشة
- المجلة غير مسئولة عن الآراء التى تنشر وتعبر عن آراء كاتبيها فقط

الإعلانات :

مؤسسة مصر للطباعة والإعلان والنشر

١٤ شارع زكى بالتوفيقية - القاهرة تليفون ٥١٦٠١

لجنة التحرير

المؤتمر الهندسى العربى التاسع

إنعقد المؤتمر الهندسى العربى التاسع فى كانون أول (ديسمبر) ، ١٩٦٤ فى مدينة بغداد برعاية السيد رئيس الجمهورية العراقية .

وكان فى هذا المؤتمر ست لجان وألقى فيه ستون بحثاً

وفيما يلى القرارات والتوصيات الخاصة بلجنة التعليم الهندسى :

١ — مراعاة تجديد وتطوير برامج التعليم الهندسى الجامعى لمسايرة التقدم العلمى والتكنولوجى أولا بأول مع ملاحظة عدم تكرار بعض المقررات فى ضمن المناهج على أن يكون التنسيق فى إطار هيكل عام يتفق عليه بين البلاد العربية بما ييسر للطلاب متابعة دراساتهم التى يبدؤنها فى بلد عربى ليكملوها فى بلد عربى آخر ولتحقيق ذلك يرى المؤتمر :

(ا) تكوين مجلس أعلى لدراسة وتنسيق نظم الدراسة الهندسية فى الكليات .

(ب) عقد اجتماعات دورية للمسؤلين عن التعليم الهندسى ضمن اتحاد المهندسين العرب لدراسة وتنسيق هذه البرامج .

٢ — عدم التخصص داخل الأقسام قبل الشهادة الجامعية الأولى وحصر ذلك فيما بعد هذه المرحلة على أن تشمل دراسة التخصص الموضوعات الدراسية والبحث العلمى .

٣ — التأكيد على تمشى التدريب العملى خارج الكليات مع الدراسة الجامعية وخاصة أثناء العطلة الصيفية ، وتنسيق هذا التدريب ورسم خطته مع الهيئات الحكومية والأهلية .

٤ — تدعيم وتشجيع حركة الترجمة والتأليف فى العلوم الهندسية وتشجيع البحث العلمى لأعضاء الهيئة التدريسية عن طريق المكافئات وتوفير الإمكانيات لذلك وتيسير متابعتهم الدراسات العالية .

٥ — العمل على تدريب المهندس بعد تخرجه وفق أسس تضعها النقابات المهنية .

٦ — العمل على رفع مستوى الدراسة الثانوية فى العلوم العامة وفى الناحية العملية لتأهيل الطالب لدراسة الهندسة .

٧ — التأكيد على توصية المؤتمر الهندسى العربى الخامس بوجوب استقلال التعليم الهندسى الجامعى إدارياً ومالياً وذلك بانشاء جامعات هندسية مستقلة عن بقية الفروع الجامعية .

٨ — العمل على تكوين مدرسة فكر معمارية عربية موحدة الأسس تنبثق من صميم البيئة والتراث العربى والتأكيد على المسابقات العامة فى جميع البلاد العربية لوضع التصاميم المعمارية التى تحيى التراث العربى .

٩ — الإهتمام بالنوعية لا بالعدد فى التدريس الهندسى الجامعى على أن يعوض العدد فى مجال التدريس المهنى .

١٠ — تنسيق التخصص فى مرحلة ما بعد الشهادة الجامعية الأولى بحيث تنفرد كل كلية هندسية بحقل أو مجال خاص يجعل من تلك الكلية مرجعاً فى هذا الحقل .

إنتاج المواسير الحديدية وغير الحديدية بدون لحام

دكتور مهندس بطرس مينا بطرس

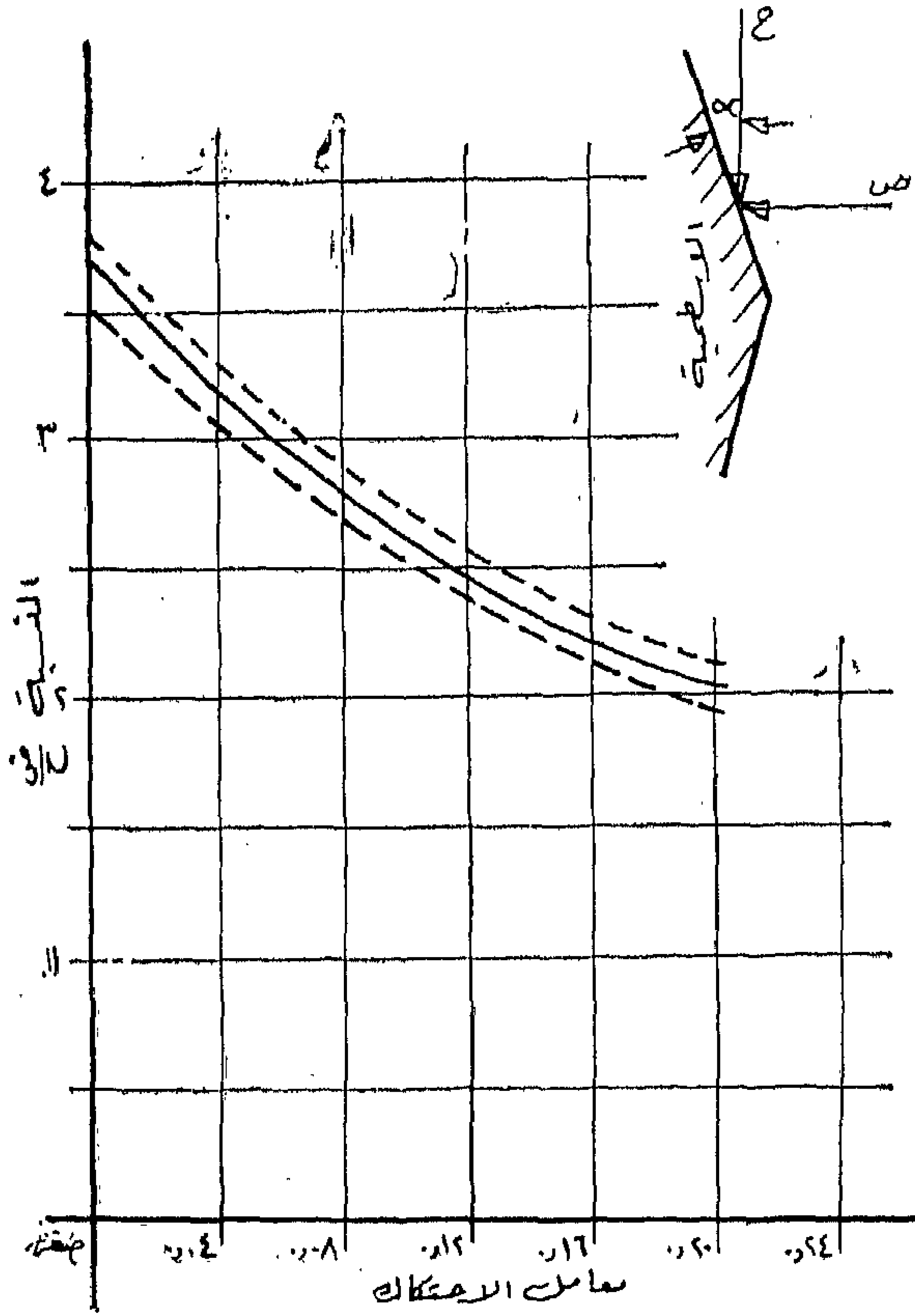
بحث شامل لنظريات التشكيل ومدى تطابقها مع النتائج العملية . دراسة المتغيرات وتأثيراتها على معدن المواسير . مواد التزييت الأكاديمية والتجارية وعلاقتها بالاحتكاك الحادث بين جدران المواسير واسطمبات السحب .

— ٣ —

يشمل هذا الجزء الثالث من تحاليل نظريات وأبحاث طرق إنتاج المواسير غير الملحومة ، على تكملة لدراسة مواد التزييت المستخدمة فى عمليات السحب وقيم فعلية لمعامل الاحتكاك الحادث بين جدران الإسطمبات والمواسير مستنبطة من واقع التجارب العملية ، بدلا من فرض قيم نظرية بحيث تناسب تطابق النظريات مع النتائج العملية كما كان متبعاً من قبل . يتبع ذلك مقارنات شاملة بين مختلف النظريات وسواء أكانت لعمليات سحب المواسير فارغة أو كيها أو سحبها بواسطة دليل ثابت أو متحرك ، مع نتائج التجارب التى أجراها كل من المؤلف وغيره من البحاث السابقين .

متوسط معامل الاحتكاك مع المواسير الصلب على اسطمبات صلب هو ٠٫٠٦ حتى ٠٫١٣٥ تبعاً لمادة التزييت المستخدمة .

ومتوسط معامل الاحتكاك مع المواسير الألمنيوم على اسطمبات صلب هو ٠٫٠٨ حتى ٠٫١٤٥ أيضاً تبعاً لمادة التزييت .



شكل (١٦) التغير فى معامل الاحتكاك مع القوى المؤثرة

أما مواد التزييت المختلفة ، والتى يمكن استخدامها فى عمليات تشكيل المواسير فبعضها تجارى والبعض الآخر لا يسهل استخدامه عملياً بالرغم من إعطائه نتائج مرضية من ناحية قوى التحميل ومعاملات الاحتكاك الحادث . وفى مواد التزييت التجارى محلول الصابون والذى يستخدم غالباً مع مواسير الصلب الطرى . ولتغطية المواسير بهذا المحلول تغمس أولا ولبضع دقائق فى حامض كبريتيك مخفف ثم تغسل وتغمس ثانية فى محلول من فوسفات الصوديوم والزنك لتغطيتها بطبقة من الفوسفات Bonderising ، والتى تساعد على الحد من تآكل الاسطمبات وأيضاً تمنع التقاط المعدن من السطح ، وتترك المعدن فى حالة تسمح له بالاحتفاظ بمادة التزييت داخل مسامه . وبعد غمس المواسير فى هذا المحلول لمدة ثلاث دقائق تغسل وتجفف وأخيراً تغمس فى محلول الصابون المطلوب ثم تترك لتجف . تترك هذه العملية طبقة من المحلول على كل من سطحى الماسورة الداخلى والخارجى ويتوقف سمك طبقة مادة التزييت على درجة تركيز المحلول وحرارته أثناء غمس المواسير داخله . ويؤثر سمك هذه الطبقة على مقدار التخفيض فى مساحة مقطع الماسورة أثناء عمليات السحب . ويصح فى طريقة التزييت هذه استبدال عملية الغمس فى محاليل الفوسفات بترك المواسير لتصدأ بعد معاملتها بحامض الكبريتيك وقبل غمسها فى محلول التزييت .

ومن مواد التزييت الأخرى التجارية الزيوت المعدنية وتستخدم فى سحب المواسير الألمنيوم . ومن مواد التزييت الأكاديمية مسحوق الجرافيت المخلوط مع الشحم بنسبة حوالى ١ : ٣ بالوزن . ويصعب طلاء هذا الشحم على جدران المواسير وعلى الأخص الأسطح الداخلية . ويصعب كذلك إزالتها بعد الانتهاء من عمليات السحب . ثم اللانولين وأوليت الكالسيوم فى الكحول . ويسهل استخدام هذا الأخير فضلا عن إعطائه أحسن النتائج لعمليات السحب فقط يعتبر ثمنه مرتفعاً بمقارنته بالمواد الأخرى المستخدمة وتطايره السريع .

ملاحظة (١) : يصح استخدام محلول الصابون مع مواسير الألمنيوم لو أمكن استخدام طريقة مناسبة تشابه عملية غمس مواسير الصلب بمحاليل الفوسفات ، حتى يمكن للمواسير الاحتفاظ بمادة التزييت على أسطح المعدن داخل مسامها .

ولقد أثبتت التجارب السابقة والتى قام بها المؤلف (بطرس)[٢٤] فشل محاليل الصابون مع مواسير الألمنيوم كمادة تزييت حيث تمزقت طبقاته أثناء عمليات سحب المواسير داخل الاسطمبات .

ملاحظة (٢) : من النقاط الهامة التى لاحظها المؤلف (بطرس)[٢٤] فى سابق تجاربه على عمليات التزييت باستخدام الزيوت المعدنية مع مواسير الألمنيوم أثناء كيها ، أن حمل السحب كان مرتفعاً نسبياً ولقد فسر المؤلف ذلك بسبب تراكم الزيت عند مدخل الاسطمبة بين سطحى الماسورة والاسطمبة (فراغ على شكل حرف ٧) . ويزداد ويتراكم ضغط الزيت عند هذا الجزء . ثم يدفع بنفسه بين سطحى المعدنين المنزلقين على بعضهما . ويسبب الفاقد فى تراكم ضغط الزيت هذا ارتفاع حمل السحب . أما الزيت المندفع بين سطحى الماسورة والاسطمبة فإنه يحد من الاحتكاك ويعطى نعومة لسطح المواسير ، ويمنع التقاط المعدن بين السطحين .

ملخص للتجارب والأبحاث التى أجريت على سحب المواسير فارغة :

من أقدم التجارب العملية التى أجريت على سحب المواسير فارغة ما قام به العالمان ساخس واسى [٢٥] — ١٩٤٢ — والتى تهدف إلى تحليل قوة تحمل المعدن خلال جدران المواسير بعد سحبها ولقد استخدمت فى هذه التجارب المواسير النحاس المخمر ذات الأقطار الخارجية المختلفة ، وسمك الجدران الثابت ٠٫٣١٢ بوصة .

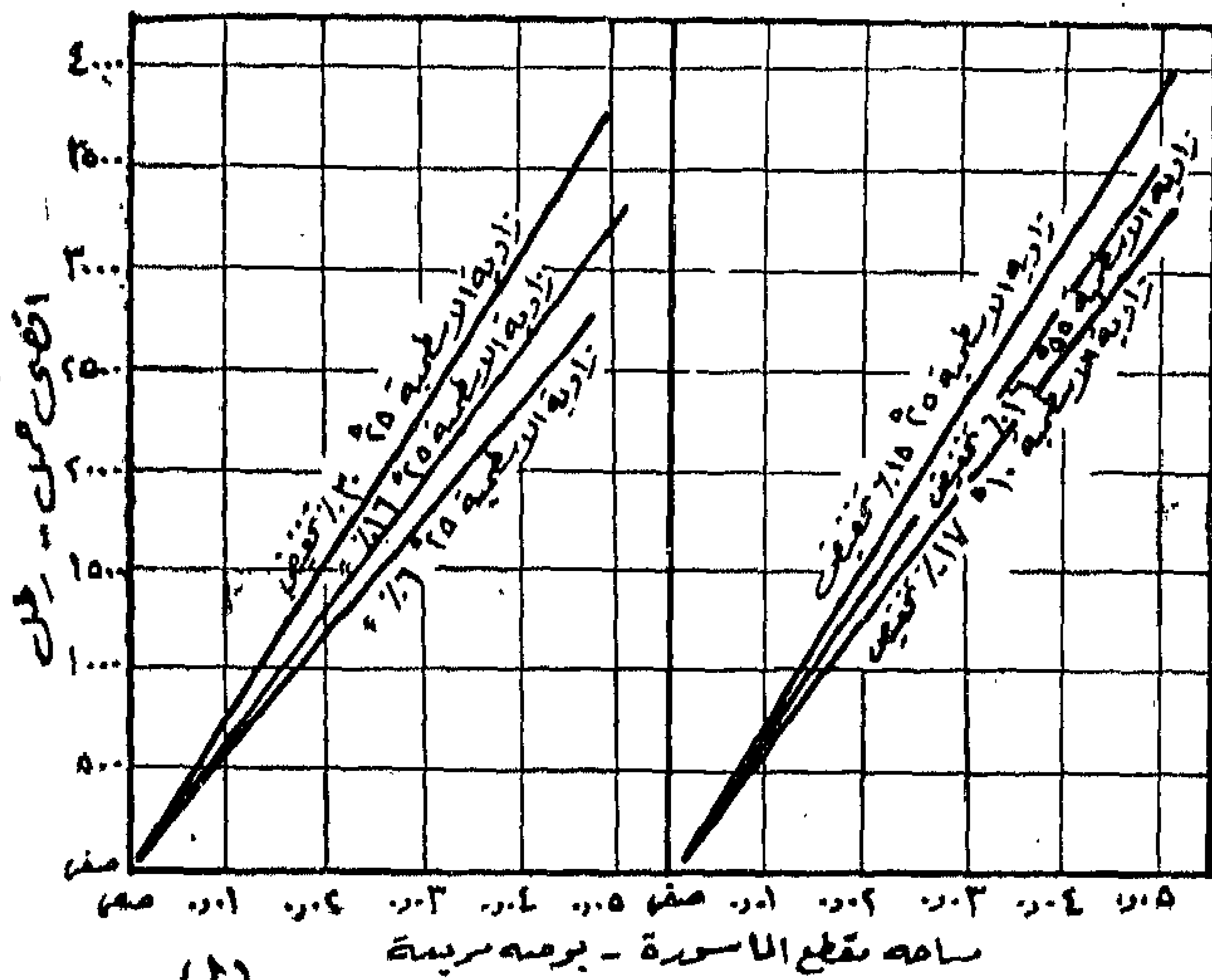
سحبت هذه المواسير بسرعة ٧ قدم / الدقيقة على منضدة سحب هيدروليكية ، خلال اسطمبات ذات مقاطع مخروطية مع دوران عند العنق بنصف قطر ½ بوصة . واستعمل الزيت الخروع للتزييت .

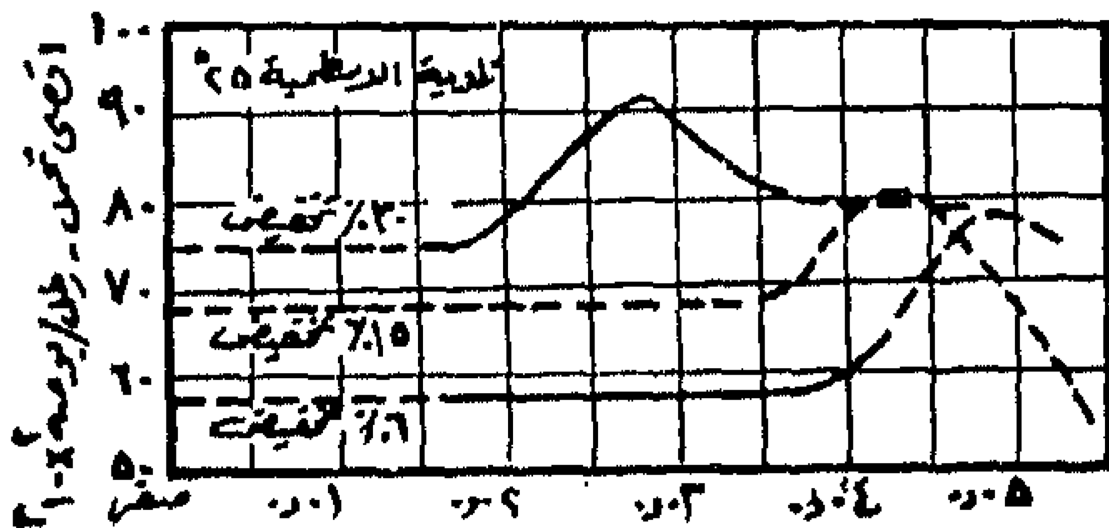
وبعد إجراء عمليات السحب كانت تعامل المواسير بالأحماض المناسبة لتخفيض سمك الجدران حتى قيمة معلومة ، ثم إعداد عينات منها لإجراء اختبارات الشد عليها .

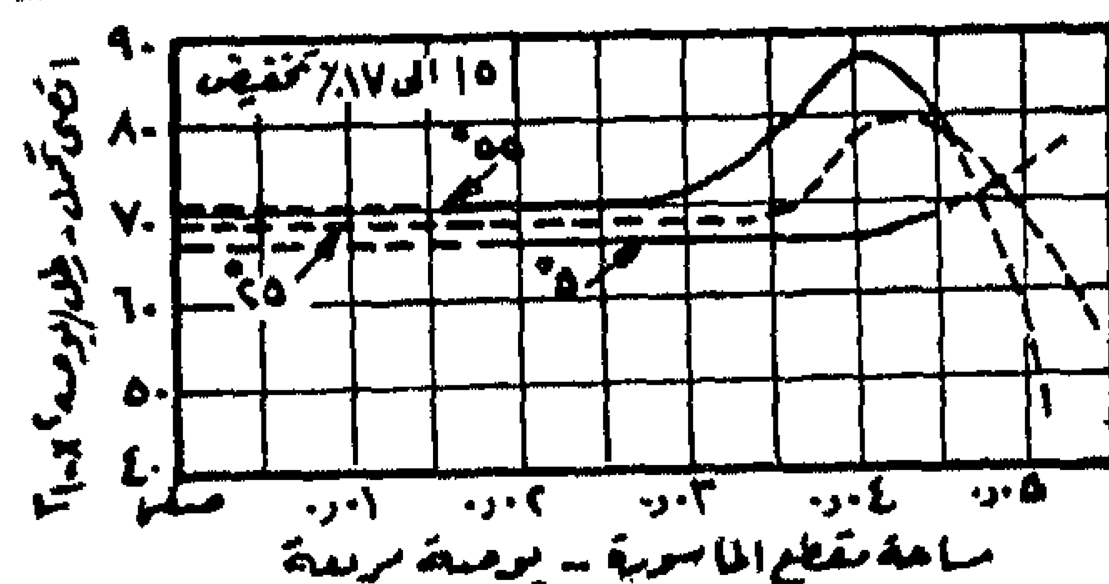
ومن هذه التجارب أمكن الوصول إلى النتائج التالية :

١ — يتناسب أقصى احتمال للشد لجدران المواسير مباشراً مع مساحة مقطع الجدران الباقى بعد المعاملة بالحامض ، علماً بأن درجة ميل خط التناسب تتغير تبعاً لزاوية مخروط الاسطمبة ومقدار التخفيض فى مساحة مقطع المواسير — شكل ١٧ — أ

٢ — تزداد قوة احتمال الشد لمعدن المواسير بعد السحب كلما زاد مقدار التخفيض فى مساحة المقطع







شكل (١٧)

والذى تتعرض له المواسير أثناء السحب . علماً بأن الأنسجة المعدنية لجدران المواسير ذات أقصى احتمال للشد تكون قريبة من السطح الخارجى مع التخفيضات البسيطة فى مساحة المقطع . ولكنها تتجه إلى الداخل كلما زاد مقدار التخفيض هذا (شكل ١٧ — ب) .

٣ — لا يتغير أقصى إحتمال للشد كثيراً مع زاوية مخروط الاسطمبة (شكل ١٧ — ج) .

وفى عام ١٩٤٤ أجرى العالمان بلدوين وهوارد[٢٦] بعض التجارب فى سحب مواسير سبائك النحاس الأحمر فارغة ، خلال اسطمبات مخروطية ذات زوايا ١٤° ، ٣٠° ، ٥٥° ، وأيضاً خلال اسطمبات إنسيابية .

ومن هذه التجارب أمكن الوصول إلى النتائج التالية :

١ — يزداد سمك جدران المواسير أثناء السحب ، فى حالات الجدران الرفيعة نسبياً . بينما يقل فى حالات الجدران السميكة .

٢ — تظهر علاقة خطية بين نسبة السمك إلى القطر الخارجى ، ومقدار التخفيض فى قطر الماسورة الخارجى ، وذلك حتى ٣٠٪ إلى ٤٠٪ . كما وجدت هذه العلاقة صحيحة لكل من المواسير الألمنيوم والنحاس والصلب .

٣ — يتأثر التغير فى سمك الجدران أثناء السحب تبعاً لمقدار التخفيض فى كل سحبة ، وأيضاً تبعاً لخواص المعدن الطبيعية .

٤ — لا يتأثر سمك الجدران النهائى بمعدن المواسير .

٥ — لا يتأثر السمك النهائى بنوع مادة التزييت أو بالإسطمبة وتصميمها .

وفى عام ١٩٤٦ أجرى ساخس وبالدوين[٢٧] بعض التجارب على عمليات سحب كل من مواسير النحاس الناشف والنحاس المخمر (الأحمر والأصفر) ، والتى تتراوح نسبة سمك جدرانها إلى قطرها الخارجى ما بين ٠٫٠١ و ٠٫٠٥ سحباً فارغاً خلال اسطمبات مخروطية الشكل ذات زوايا ١٤° ، ٢٨° ، ٥٤° .

وكانت نتائج التجارب كالآتى :

١ — اختلاف خط بيانى الجهد — الإجهاد لمعدن المواسير بعد سحبها عن مثيله قبل السحب . شكل ١٨ (زيادة فى صلادة المعدن) .

٢ — عملت مقارنة بين الإجهادات اللازمة لسحب كل من المواسير الفارغة والأسلاك ، وذلك لإظهار تأثير نسبة سمك جدار المواسير إلى قطرها الخارجى (مع استخدام نفس المعدن والإسطمبات ومواد التزييت فى كلتا الحالتين) .

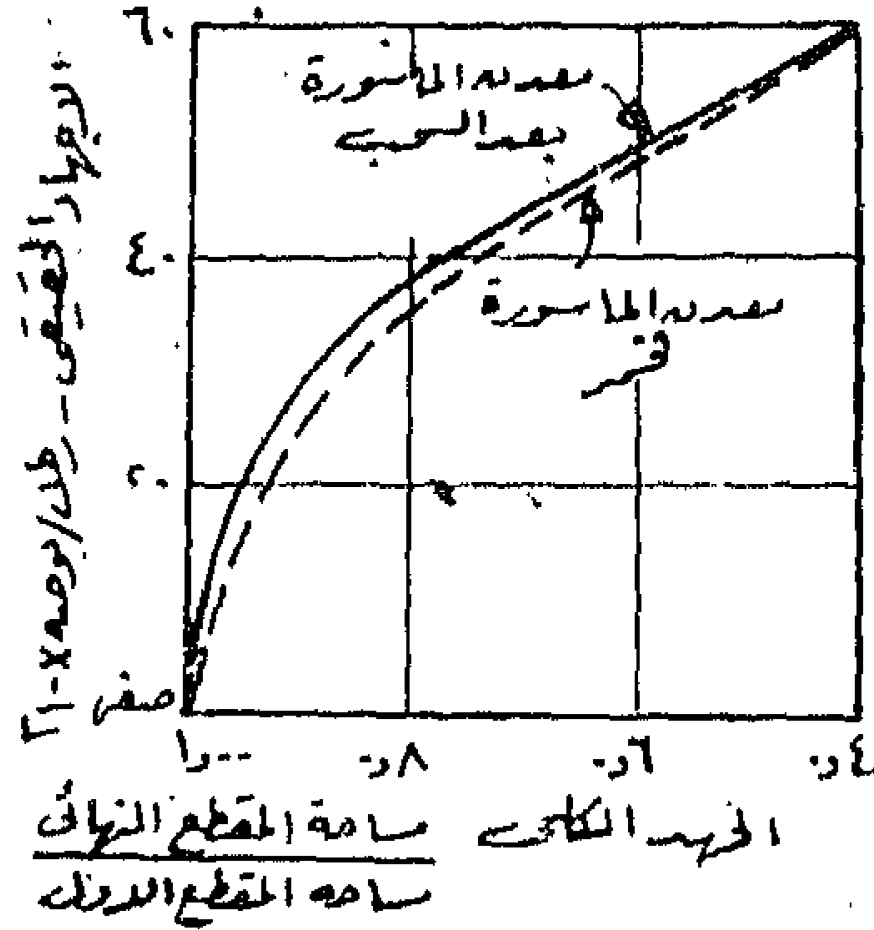
مع ملاحظة أن السلك يمثل أقصى حد لنسبة سمك جدران الماسورة إلى قطرها الخارجى $\left(\frac{\text{لصفر}}{\text{قصفر}} = \frac{1}{2} \right)$ وأثبت تطابق كل من القيم النظرية والعملية صحة التمثيل السابق للأسلاك بأنه حد أقصى للمواسير .

تعتبر عملية سحب المواسير الفارغة من العمليات الصناعية الهامة والتى لا يتحدد فيها تماماً إنسياب معدن الجدران

بواسطة أدوات التشكيل . ويميل المعدن أحياناً للانبعاج أو الثنى أو التقوس . ففى حالة الجدران الرفيعة قد يساعد الإجهاد المحيطى على تكون طيات طولية أو محورية .

وفى عام ١٩٤٦ أجرى ساخس وبولدوين(٢٨) أيضاً بعض الدراسات العملية على إحتمال تكون الطيات أو الثنى بجدران المواسير أثناء سحبها فارغة ، وذلك باستخدام مواسير مصنوعة من النحاس الأحمر أو الأصفر المخمر أو الألمنيوم المخمر . وكانت عملية السحب تتم بسرعة ½ قدم / الدقيقة مع استخدام محلول الصابون للتزييت . ومن نتائج هذه التجارب ما يلى :

مقارنة خطوط بيانية الجهد - الاجهاد لمعدن المواسير قبل وبعد سحبها فارغة خلال اسطمبات مخروطية زاويتها ٢٨°



شكل (١٨)

١ — يمكن للمواسير السليمة والتى ليس بها عيوب سطحية أن تمر خلال الإسطمبات بدون ثنى أو طى .

٢ — إذا كان هناك طيات أو ثنيات سطحية قبل السحب فإن هذه الثنيات تنتشر بطول المواسير بعد سحبها ، وخاصة إذا زاد مقدار التخفيض زيادة كبيرة وأيضاً إذا انخفضت نسبة سمك الجدران إلى قطر المواسير الخارجى . ولا تتأثر هذه العملية كثيراً بزاوية مخروط الإسطمبة ومعدن المواسير .

مقارنات بين نتائج تجارب ضغط المواسير وسحبها فارغة :

قام بريجز(٢٩) عام ١٩٤٢ ببعض التجارب على كل من عمليات ضغط المواسير وسحبها فارغة ، استخدم لذلك مواسير من الصلب الطرى ذات قطر خارجى ١¾ بوصة ، ٠٫٠٤ بوصة سمك الحائط . وتمت عمليات الضغط والسحب داخل اسطمبات مخروطية زوايتها ٣٠° مع جزء دائرى عند العنق بنصف قطر ⅜ بوصة (كان اختيار هذا المقطع للاسطمبة بعد دراسة شكل المواسير النهائى بعد السحب وانطباقه مع الشكل المذكور) . ولقد استخدم محلول الصابون لتزييت جميع المواسير والتى سحبت بسرعات ١½ بوصة / الدقيقة ، ١٧ قدم / الدقيقة ، ٣٧ قدم / الدقيقة . أما عمليات الضغط فقد تمت كلها بالسرعة البطيئة .

ومن نتائج هذه التجارب ما يلى :

١ — توجد علاقة خطية مستقيمة بين حمل السحب وقطر عنق الإسطمبة . يتقابل هذا الخط المستقيم عند إمتداده مع محور عدم وجود حمل عند القطر ١¾ بوصة . ولا توجد هذه العلاقة الخطية البسيطة فى حالة ضغط المواسير فارغة شكل ١٩ — أ .

٢ — يزيد الحمل اللازم لضغط المواسير حوالى ٥٠٪ عن الحمل اللازم لسحب نفس المواسير خلال نفس الاسطمبات وتحت تأثير عوامل متشابهة فى الحالتين .

٣ — أقصى تخفيض فى قطر الماسورة أمكن الوصول إليه بنجاح فى حالة الضغط هو ٢٣٪ .

٤ — تتسبب كل من العمليتين فى استطالة المعدن وزيادة سمك جدرانه شكل ١٩ — ب .

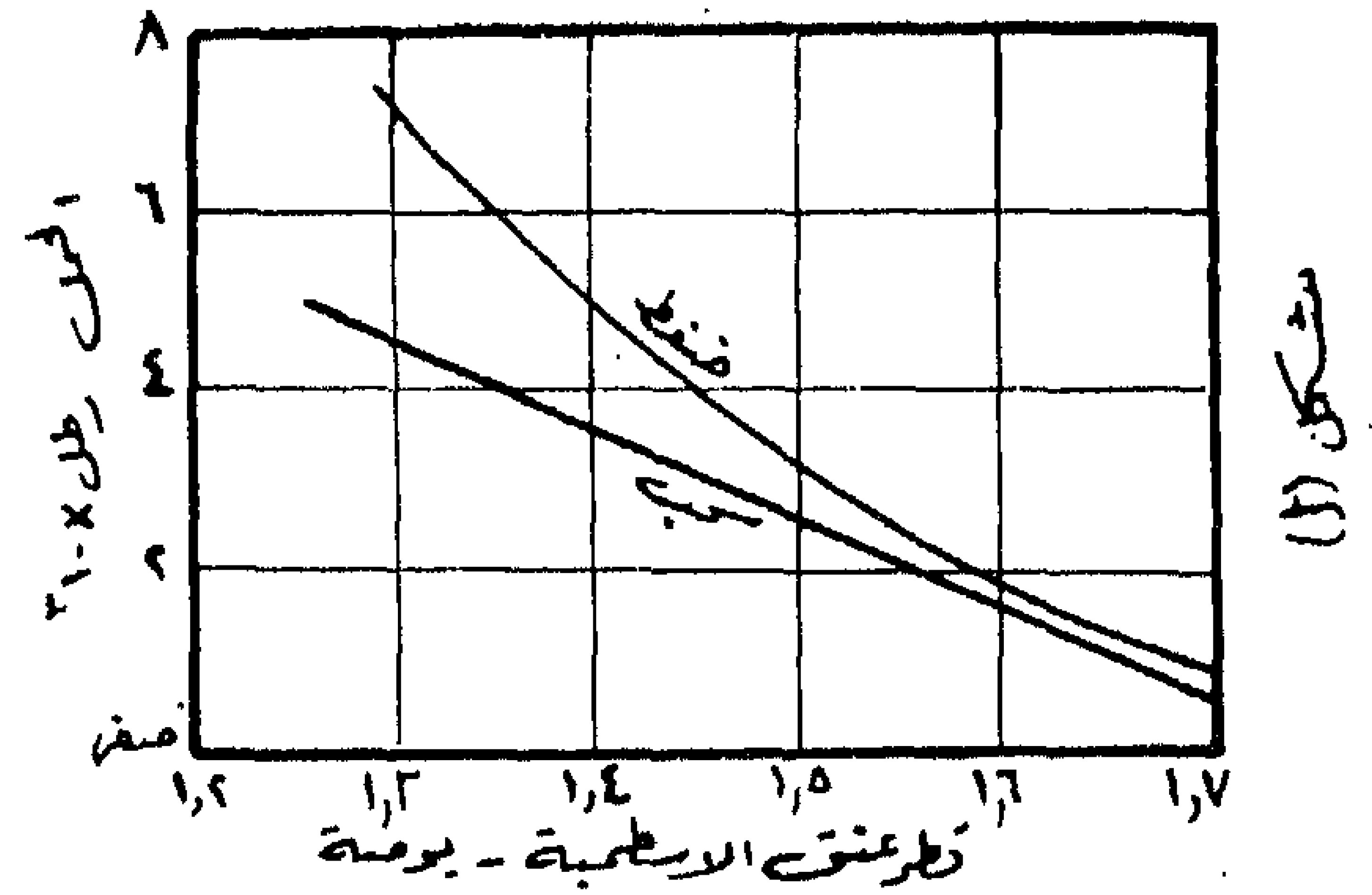
٥ — ترتفع درجة صلادة المعدن فى كلتا الحالتين ويزداد معدل إرتفاع الصلادة فى حالة السحب عنها فى حالة الضغط .

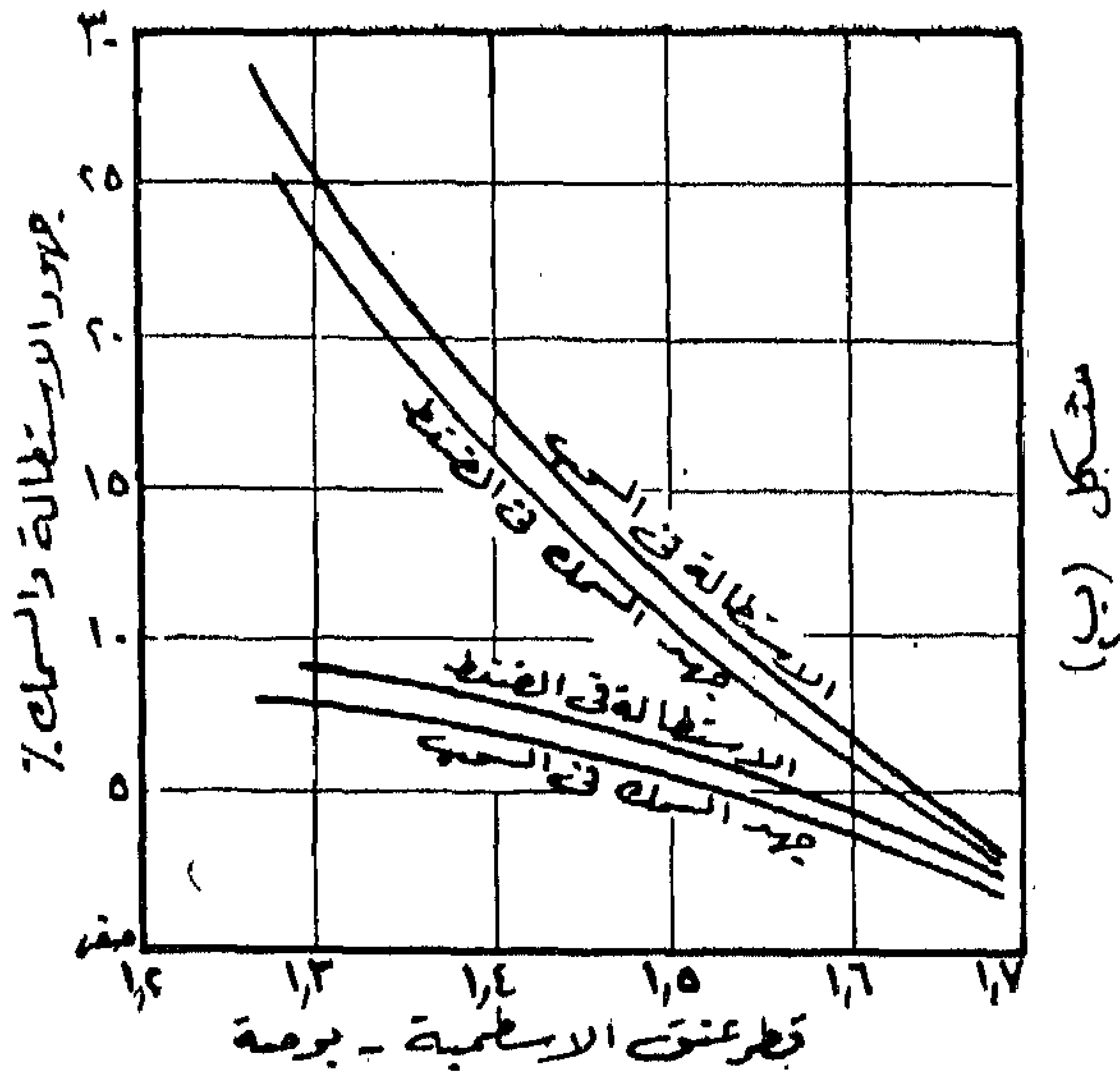
٦ — يرتفع حمل السحب بمقدار حوالى ٣٠٪ بزيادة السرعة من ١½ بوصة/ الدقيقة إلى ١٧ قدم/ الدقيقة ، ولا تزيد بعد ذلك بارتفاع السرعة حتى ٣٧ قدم/ الدقيقة ، شكل ١٩ — حـ .

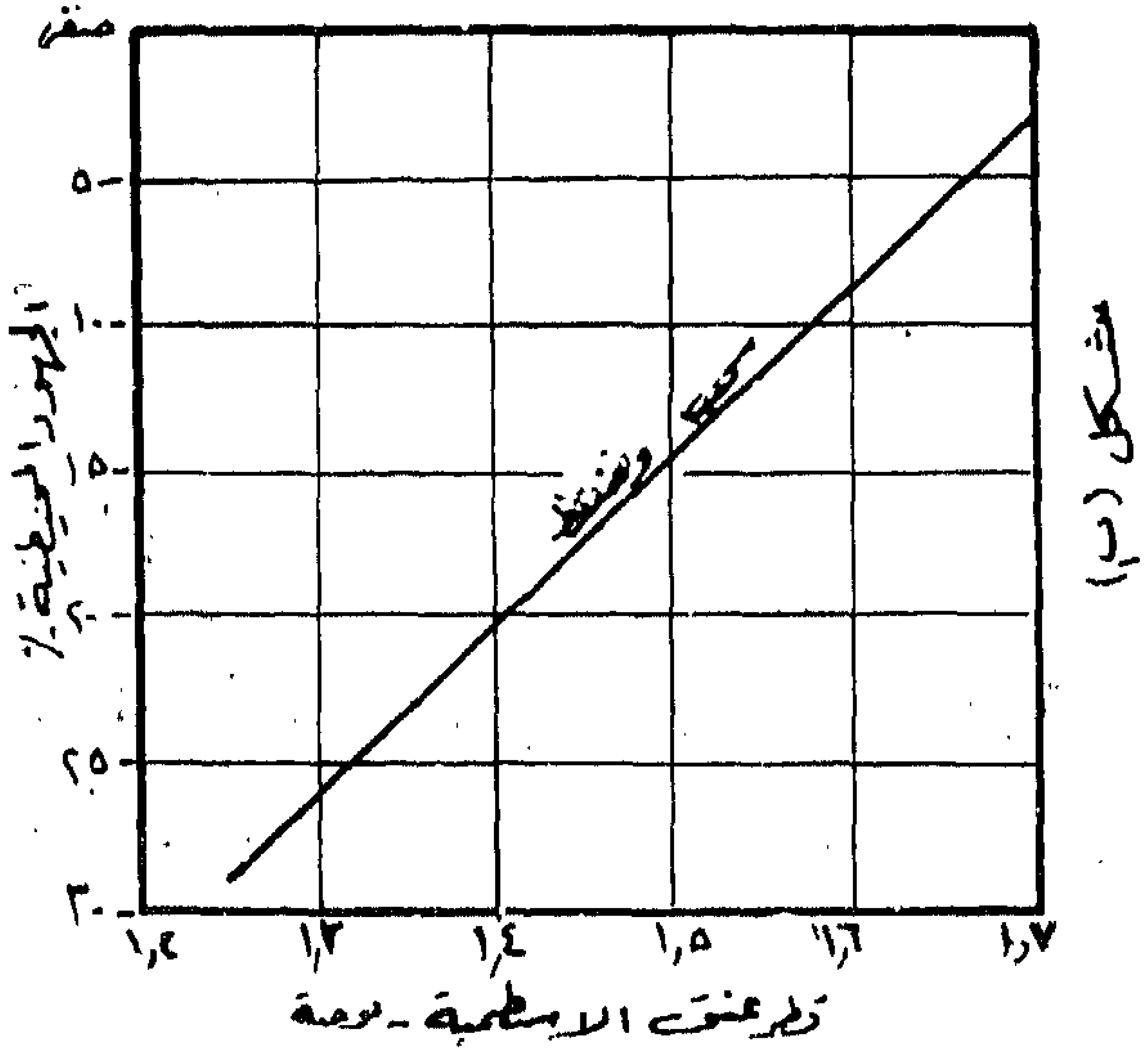
٧ — لا تؤثر سرعة السحب فى قيم الجهود الحادثة فى أى من حالتى السحب والضغط .

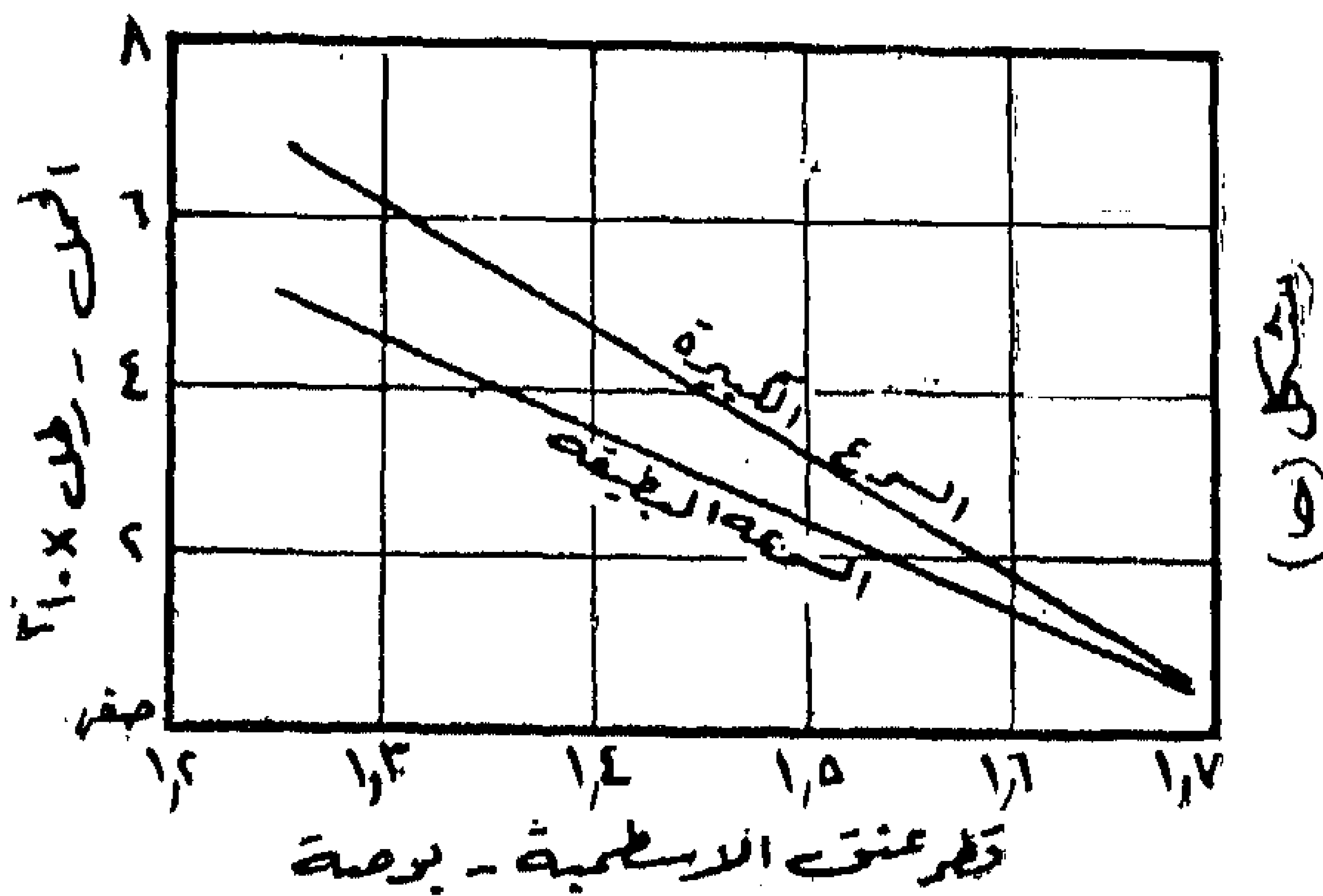
٨ — تخرج المواسير جميعها بأقطار نهائية أقل من قطر عنق الإسطمبة ، فيما عدا الحالة التى تستخدم فيها الاسطمبات الإنسيابية ذات شكل المقطع المطابقة لشكل الماسورة المتوقع أثناء السحب .

ولقد أكمل كلارك(٣٠) عام ١٩٤٥ التجارب التى قام بها بريجز مستخدماً مواسير من الصلب قطرها الخارجى ٤¼ بوصة ، وسمك جدرانها ⅛ بوصة . سحبت هذه المواسير خلال اسطمبات مخروطية الشكل زاويتها الكلية ٣٠° ، وقطر عنقها ٣ بوصة ، مع وجود حواف حادة عند كل من المدخل والعنق .









شكل (١٩)

ولقد مكنت هذه المواسير المتسعة نسبياً من قياس وتقدير الإجهادات والجهود الحادثة بكل جزء من أجزاء الماسورة قبل دخول الإسطمبة وبعد خروجها منها . واستخدام مسحوق الجرافيت المخلوط بالدهن أو الشحم كمادة تزييت أثناء سحب المواسير عند السرع الصغيرة (٠٫٠٥ بوصة / الدقيقة) .

ولقد أكدت نتائج كلارك ما سبق أن وجده بريجز من أن المواسير تخرج جميعها بأقطار نهائية أقل من قطر عنق الاسطمبة . وتبين الأشكال ٢٠ — ا ، ب الجهود المختلفة الحادثة فى جدران المواسير أثناء السحب . كذلك وجد أن صلادة المعدن ترتفع كثيراً بعد السحب .

نتائج التجارب التى قام بها المؤلف بطرس فى محيط سحب المواسير أو ضغطها فارغة :

قام المؤلف[٦] عام ١٩٤٩ بكثير من التجارب فى هذا المجال مستخدماً اسطمبات مخروطية من الصلب الناشف زواياها ٣٠° ، ولها حافة حادة بين جزئها المخروطى والعنق الاسطوانى . ولقد أجريت كل من عمليات السحب والضغط على مواسير من الألمنيوم والنحاس والصلب الطرى .

وشملت الدراسة المتغيرات الآتية :

نسبة سمك جدران الماسورة إلى قطرها الخارجى ، نسبة التخفيض فى مساحة مقطع الماسورة ، مواد التزييت المستخدمة سرعة سحب أو ضغط المواسير ، معدن المواسير .

وكانت أهم النتائج ما يلى :

١ — لا يمكن التحكم ، فى حالات سحب المواسير أو ضغطها فارغة ، فى طبيعة سطح المواسير من الداخل والتى يصح أن تكون خشنة . كما أنه لا يمكن التحكم تماماً فى قطر الماسورة النهائى .

٢ — لا تتحكم الأسطحية تماماً فى معدن المواسير . ففى حالات الضغط أو السحب نجد أن المواسير الرفيعة الجدران يمكن أن تكون طيات طويلة تحت تأثير الإجهادات المحيطية .

٣ — أمكن سحب المواسير مختلفة المعادن وضغطها بنجاح تخفيض حتى حوالى ٣٠٪ ، ٢٤٪ على التوالى .

٤ — لا يتوقف مقدار الجهد الحادث على معدن المواسير .

٥ — تفتح فوهة المواسير الأمامية أثناء الضغط على هيئة فتحة الجرس .

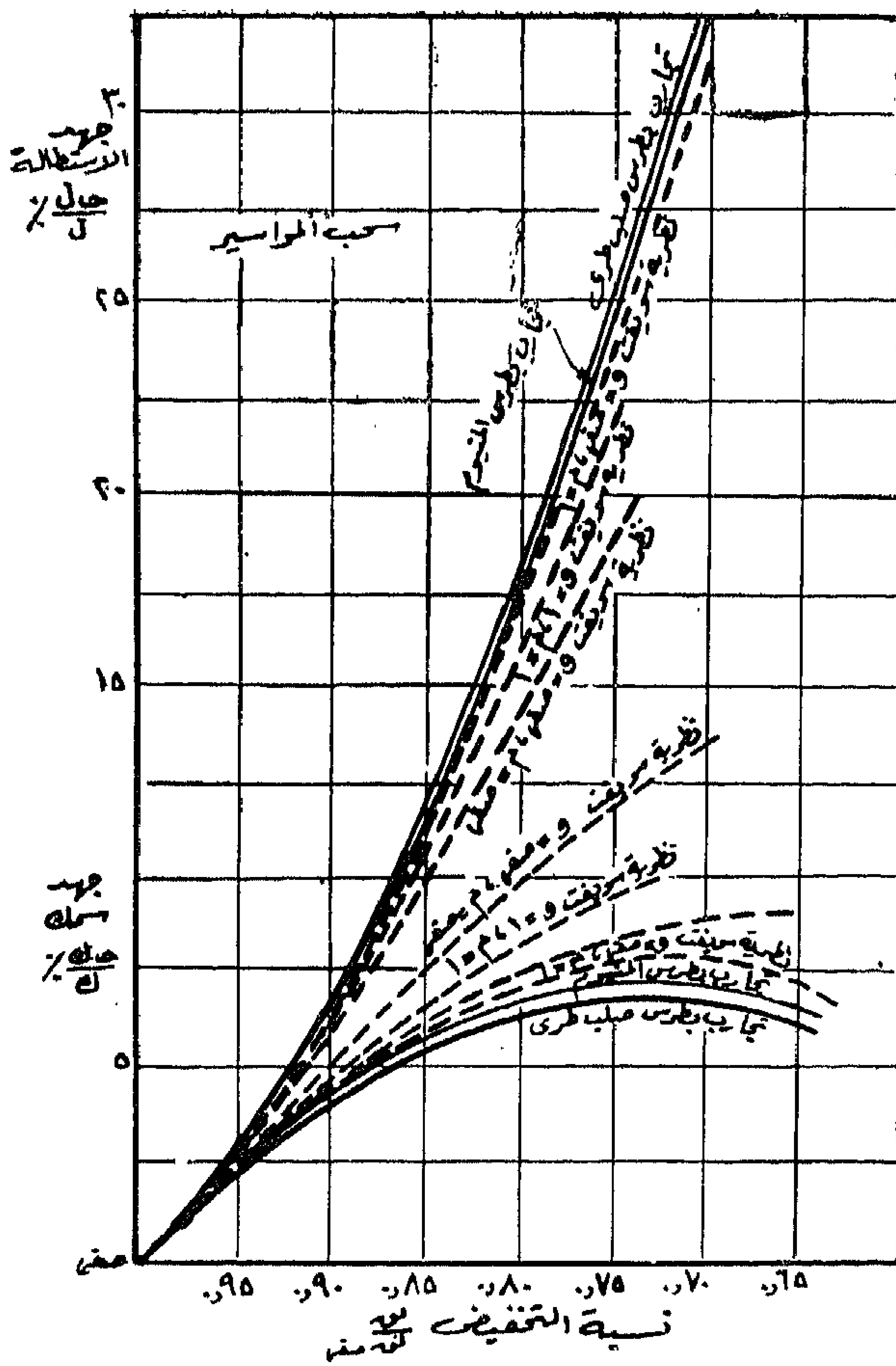
٦ — يرتبط حمل السحب مع قطر عنق الأسطمبة بعلاقة خطية مستقيمة تقابل محور عدم وجود أى حمل عند قيمة تساوى قطر الماسورة المسحوبة . وتشابه هـذه النتيجه ما سبق أن حصل عليه بريجز باستخدام مواسير ذات أقطار خارجية مختلفة .

٧ — تزداد درجة صلادة كل من النحاس والصلب مع زيادة نسبة التخفيض فى مساحة مقطع الماسورة . بينما لا ترتفع درجة صلادة الألمنيوم كثيراً .

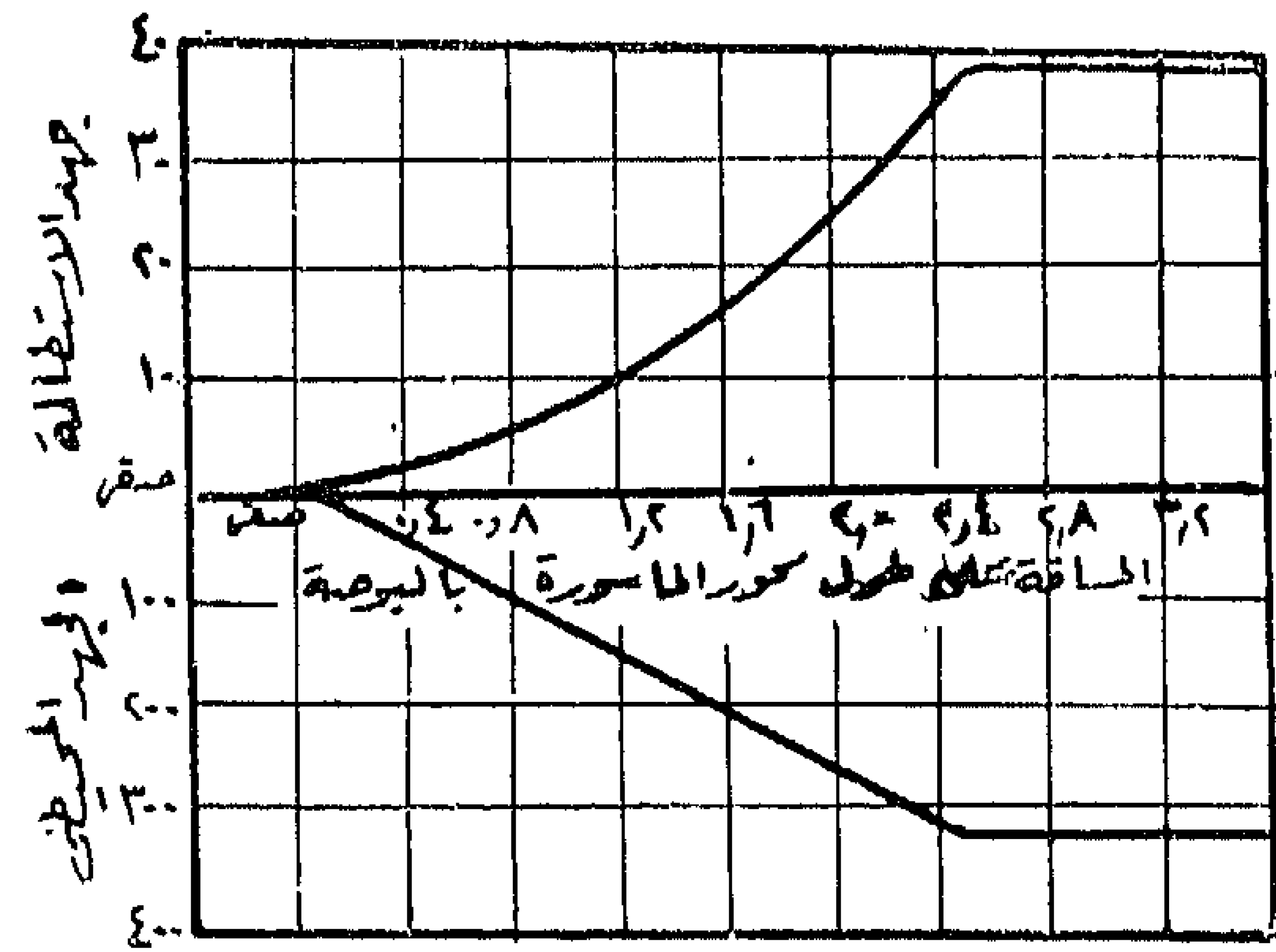
٨ — أعطى الشحم أحسن النتائج كمادة تزييت من ناحية الحمل اللازم للسحب ، كما أنه أعطى مع الجرافيت أقل الجهود الحادثة .

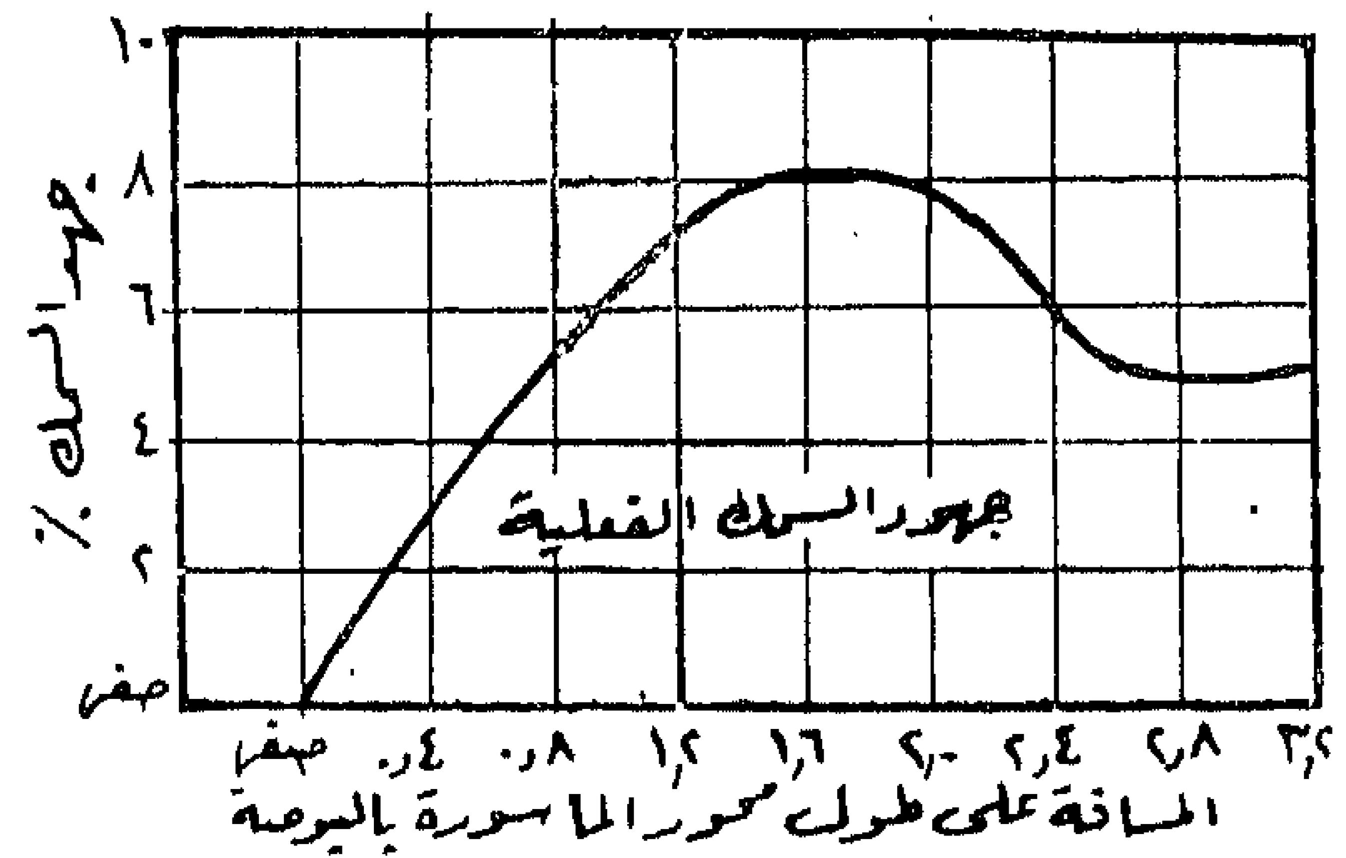
٩ — لم يرتفع حمل السحب أكثر من حوالى ٦٪ بزيادة السرعة من حوالى ثلث بوصة / الدقيقة حتى ١٥ قدم / الدقيقة .

١٠ — تكون جهود الاستطالة موجبة ، أما جهود السمك فقد تكون موجبة أو سالبة تبعاً لنسبة سمك جدران المواسير إلى قطرها الخارجى ، وأيضاً تبعاً لمقدار التخفيض الحادث لمساحة مقطع المواسير أثناء السحب أو الضغط ، ويمكن تتبع طبيعة ما يحدث فى هذه النواحى من الأشكال التالية ، والتى تبين المقارنات بين النتائج النظرية والنتائج العملية لكل من عمليات السحب والضغط للمواسير فارغة .



شكل (٢١)





شكل (٢٠)

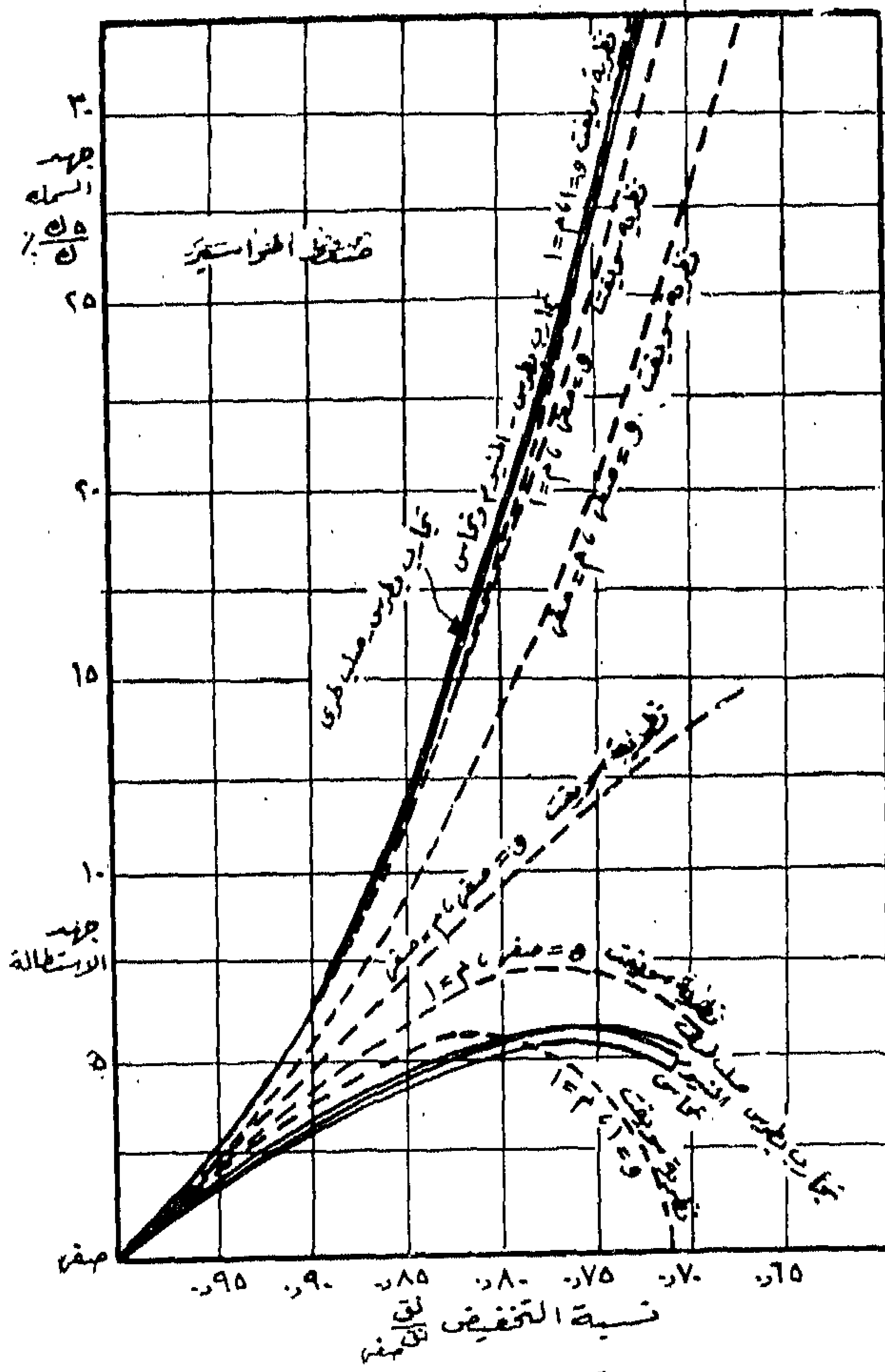
تبين الأشكال (٢١ ، ٢٢) مقـــارنة بين دراسات سويفت النظرية لموضوع سحب وضغط المواسير فارغة وبين نتائج التجارب العملية التى قام بها بطرس فى نفس هذا المجال ، وتوضح هذه الأشكال العلاقة بين كل جهود الاستطالة والسمك ونسبة التخفيض فى نصف قطر المواسير .

يلاحظ من هذه الأشكال اتفاق منحنيات التجارب العملية فى الشكل — عامة — مع النتـائج النظرية وتتقارب

نتائج السحب عند أخذ تأثير الاحتكاك فى الاعتبار فى التحليل النظرى مع إهمال زيادة صلادة المعادن (أى و = صفر ، م تأخذ أى قيمة معينة) .

ولم تكن هذه النتائج متوقعة ، وعلى الأخص فى حالات المواسير الصلب والنحاس حيث لا يوجد أدنى شك فى زيادة صلادة معادن هذه المواسير بعد تشكيلها .

ومن المحتمل أن عدم تطابق النتائج النظرية والعملية يرجع إلى إهمال سويفت أخذ تأثير ثنى المعدن عند دخوله الأسطمبة ثم إعادة ثنية عكس الاتجاه الأول عند خروجه من الاسطمبة . هذه التأثيرات تسبب انزلاق طبقات المعدن المختلفة وحدوث القص مما يرفع من إجهادات التشكيل . ومما يعضد هذا الغرض تطابق النتائج العملية والنظرية للمواسير رفيعة الجدران نسبياً وعدم تطابقها مع المواسير سميكة الجدران والتى يظهر فيها تأثيرات ثنى المعدن السابق ذكرها أكثر وضوحاً . ولما كان نصف قطر ثنى جدران المواسير عند الدخول أو الخروج من الاسطمبة غير محدد كان من الصعب إدخال هذا التأثير فى التحليل النظرى .



شكل (٢٢)

أما فى حالات ضغط المواسير فان النتائج النظرية والعملية تتفق عامة كما هو واضح بالشكل (٢٢)

تأثير ثنى جدران المواسير بالقص :

تحسب القوة اللازمة لإتمام هذه الانبعاجات من القدرة اللازمة لقص المعدن عند كل من الدخل والمخرج بالاسطمبة ، وتضاف هذه القوة إلى أصل القوة اللازمة للسحب كما يحصل عليها من نظرية سويفت .

وهناك ثلاث احتمالات يجوز تحليلها :

١ — بقاء سمك جدران المواسير أثناء السحب بدون تغيير .

٢ — زيادة سمك الجدران أثناء السحب .

٣ — نقصان سمك الجدران أثناء السحب .

ويبين شكل (٢٣) هذه الحالات الثلاث ومنها يتضح أن $\Theta = \frac{1}{2} \alpha$ (α هى زاوية الإسطمبة فى الحالة الأولى) وفى الحالة الثانية تكون $\Theta > \alpha$ أما فى الحالة الثالثة فتكون $\Theta < \alpha$.

وينصب التحليل الحالى على الحالة الأولى وهى الحالة الأكثر احتمالا مع المواسير ذات السمك التجارى المتوسط .

عند دخول الجزء الصغير المبين بالشكل إلى فتحة الاسطمبة يتغير شكله بالقص وينبعج بالزاوية α ($\Theta = \alpha$) وعندما يترك هذا الجزء عنق الاسطمبة يعود وينبعج فى عكس الاتجاه الأول بنفس الزاوية .

عند فتحة الدخول يكون إجهاد مقاومة المعدن لعامل القص ض $= \frac{\text{ت}_{\text{صفر}}}{2}$

حيث تصفر هو اجهاد احتمال المعدن للشد وتكون وحدة القدرة اللازمه لحدوث هذا النقص = ض طا Θ لوحدة الحجم للجزء الذى عرضه Δ س . (مع إهمال أى زيادة فى صلادة المعدن مؤقتاً) .

وتكون القدرة اللازمة لانبعاج الحلقة بكاملها =

$$\int_{\text{نق}_\text{د}}^{\text{نق}_\text{صفر}} \text{ض} \cdot \text{طا}\ \alpha \cdot \Delta \text{س} \cdot 2 \text{ط نق} \cdot \Delta \text{نق}$$

$$= \text{طا}\ \frac{\alpha}{4} \cdot \text{ت}_\text{صفر} \cdot 2 \text{ط} (\text{نق}^2_\text{صفر} - \text{نق}^2_\text{د}) \cdot \Delta \text{س}$$

وإذا كانت قوة السحب اللازمة للتغلب على انبعاج القص تساوى نقصفر

$$\therefore\ \text{ن}_\text{صفر} \cdot \text{س}\Delta = \text{طا} \frac{\alpha}{4} \cdot \text{ت}_\text{صفر} \cdot 2 \text{ط} (\text{نق}^2_\text{صفر} - \text{نق}^2_\text{د}) \cdot \Delta \text{س}$$

$$\therefore\ \text{ن}_\text{صفر} = \text{طا} \frac{\alpha}{4} \cdot \text{ت}_\text{صفر} \cdot 2 \text{ط} (\text{نق}^2_\text{صفر} - \text{نق}^2_\text{د})$$

وبنفس الطريقة يمكن القول بأن

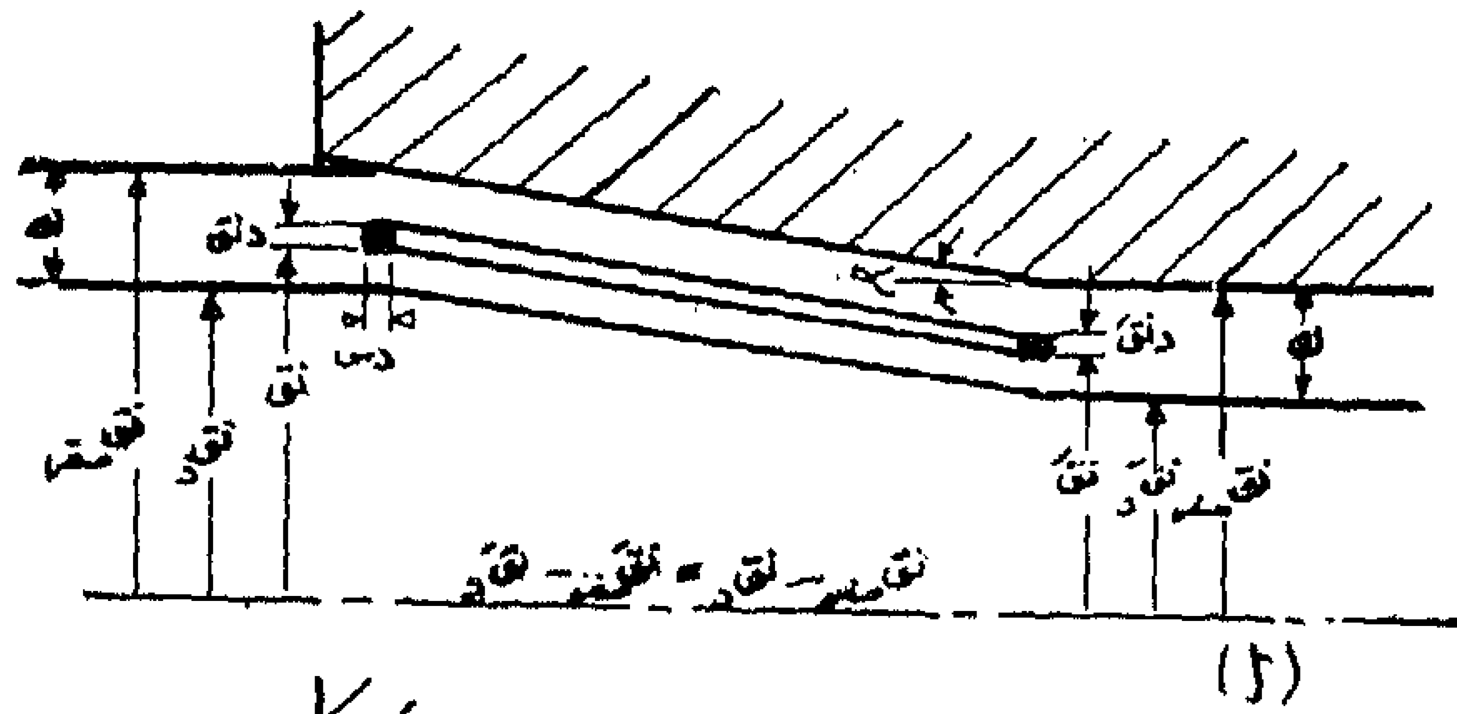
$$\text{ن}_\text{ح} = \frac{\text{طا}\ \alpha}{4} \cdot \text{ت}_\text{ح} \cdot 2 \text{ط} (\text{نق}^2_\text{صفر} - \text{نق}^2_\text{د})$$

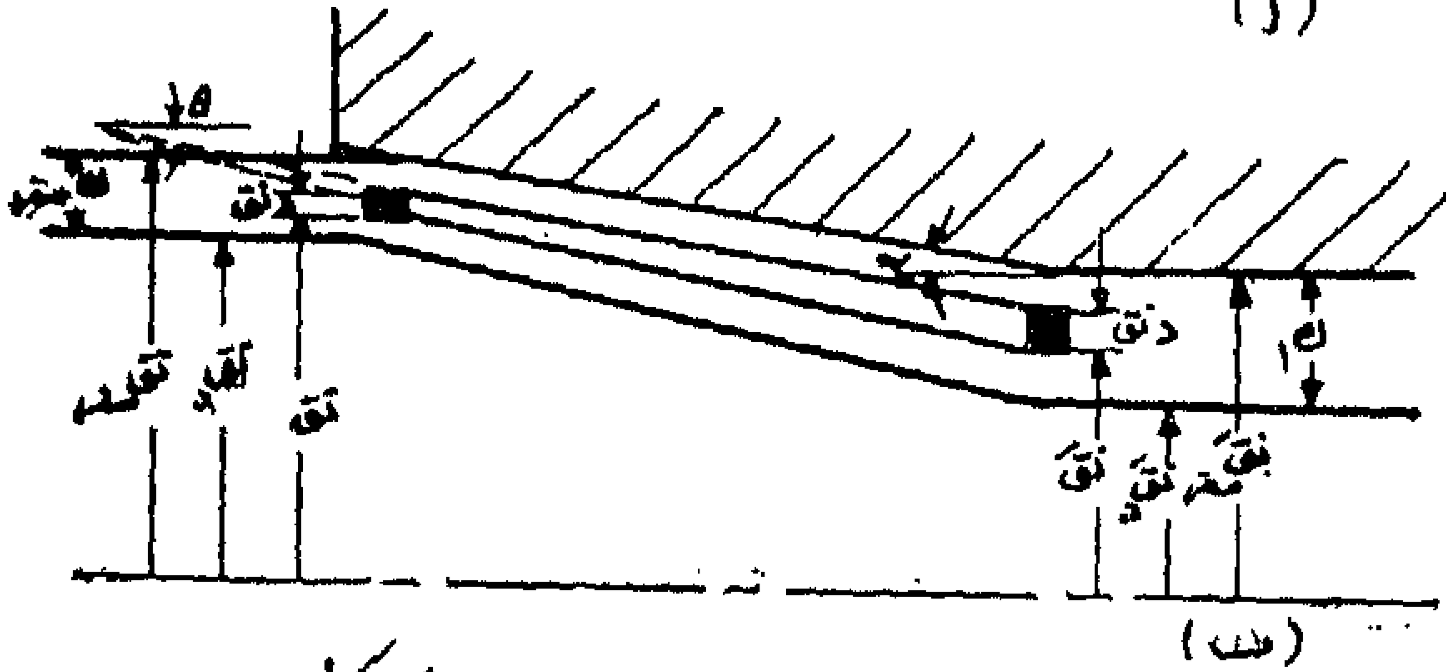
حيث تح تساوى أجهاد السياب المعدن بعد سحبه من الاسطمبة :

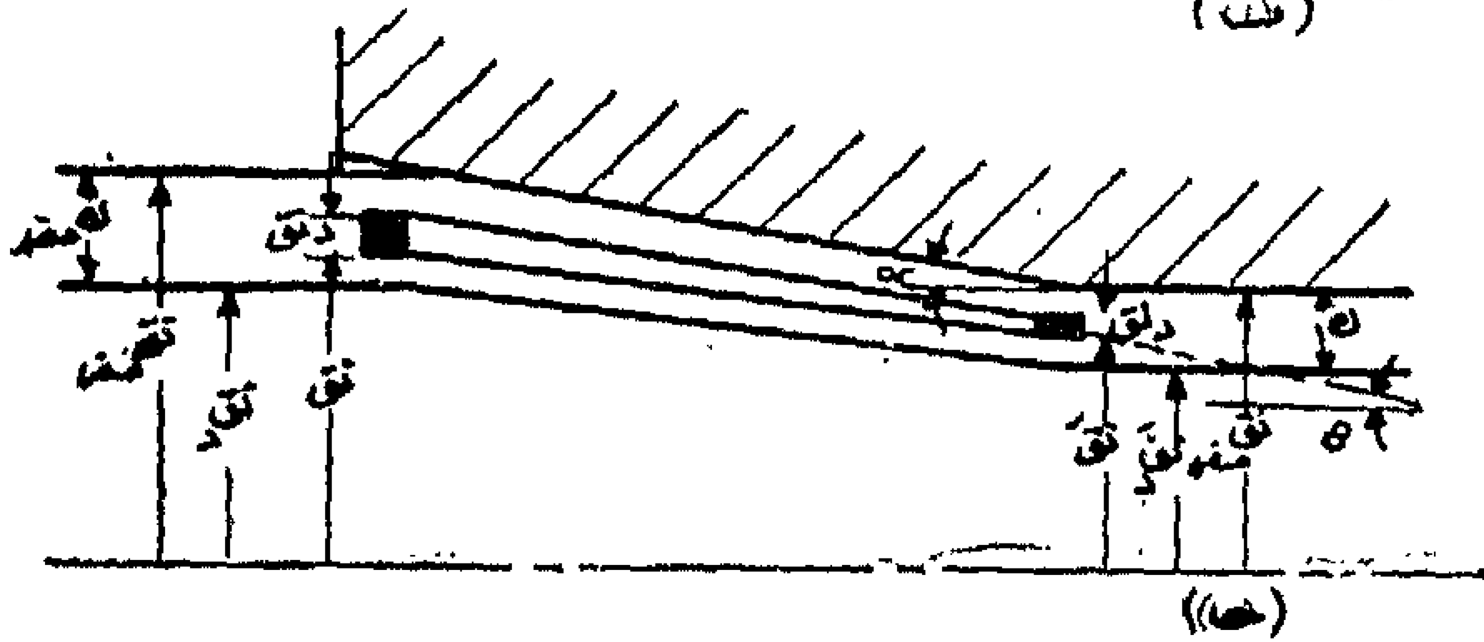
$$\text{ق} = \text{ق}_{\text{صفر}} + \text{ق}_{\text{ح}} = \frac{\text{ظا}\,\alpha}{4}\; ٢\,\text{ط} \left(\text{ت}_{\text{صفر}} \left(\text{نق}^{٢} - \text{نق}^{٢}_{\text{د}} \right) + \text{ت}_{\text{ح}} \left(\text{نق}^{٢}_{\text{صفر}} - \text{نق}^{٢}_{\text{د}} \right) \right)$$

$$= \text{ط}\,\text{ت}_{\text{صفر}} \cdot \left(\text{نق}_{\text{صفر}} - \frac{\text{ل}}{٢} \right) \text{ظا}\,\alpha \cdot \text{ل} \left(١ + \frac{\text{ت}_{\text{ح}}}{\text{ت}_{\text{صفر}}} \quad \frac{٢\,\text{نق}_{\text{صفر}} - \text{ل}}{٢\,\text{نق}_{\text{صفر}} - \text{ل}} \right)$$

وكمثال لتطبيق القاعدة السابقة أخذت حالة المواسير ذات القطر الخارجى ٤½ بوصة وذات الأسماك المتدرجة حتى ½ بوصة وبفرض α = ١٥° وفى حالة المواسير الصلب الطرى مع $\text{ت}_{\text{صفر}}$ = ٣٥٠٠٠ رطل / البوصة المربعة ، وأيضاً بأخذ قيم $\frac{\text{ت}_{\text{ح}}}{\text{ت}}$ متدرجة بين ١ (وهى حالة عدم إجراء أى سحب) حتى القيمة ١٫٧ والتى تناظر قيمة $\text{ت}_{\text{ح}}$ = ٦٠٠٠ رطل / البوصة المربعة كما وجدت من منحنيات الجهد — الإجهاد التى حددت معالمها بالاختبار العلمى على عينات من جدران المواسير وفى حدود الجهود المنتظرة $\text{نق}_{\text{صفر}}$ فى هذا المثال يساوى ٧/٤ بوصة ، وهو نصف قطر عنق الاسطمبة المستخدمة فى سحب المواسير .


(أ)


(ب)


(حـ)

شكل (٢٣)

وتبعاً للمعلومات السابقة أمكن رسم الخطوط البيانية الأربعة للنظرية المعدلة (حسب تعديل المؤلف بطرس) والمبينة بالشكل (٢٤) والتى تبين العلاقة بين القوة ق وسمك جدران المواسير لمختلف قيم $\frac{\text{ت}_{\text{ح}}}{\text{ت}_{\text{صفر}}}$. وينحصر المنحنى البيانى الفعلى المواسير ذات السمك حتى ½ بوصة بين هذه الخطوط السابقة (بين المنحنيين البيانيين للقيمة $\frac{\text{ت}_{\text{ح}}}{\text{ت}_{\text{صفر}}}$ = ١ ، ١٫٧) .

ويقترب من المنحنى الأول المواسير رفيعة الجدران ومن المنحنى الثانى للمواسير سميكة الجدران وفى بعض حالات السمك الخاصة والتى يصل فيها زيادة الصلادة أقصى قيمها بسبب شدة تأثير التشكيل الواقع عليها ويتبع المنحنى البيانى الممثل للقوة — السمك الخط البيانى الأخير ، أى الممثل للقيمة $\frac{\text{ت}_{\text{ح}}}{\text{ت}_{\text{صفر}}}$ = ١٫٧ ويستمر يتبعه بعد ذلك .

وحتى يمكن مقارنة النظرية بعد تعديلها والنتائج العملية يجب إضافة الخط البيانى الأخير إلى خطوط نظرية صويفت البيانية .

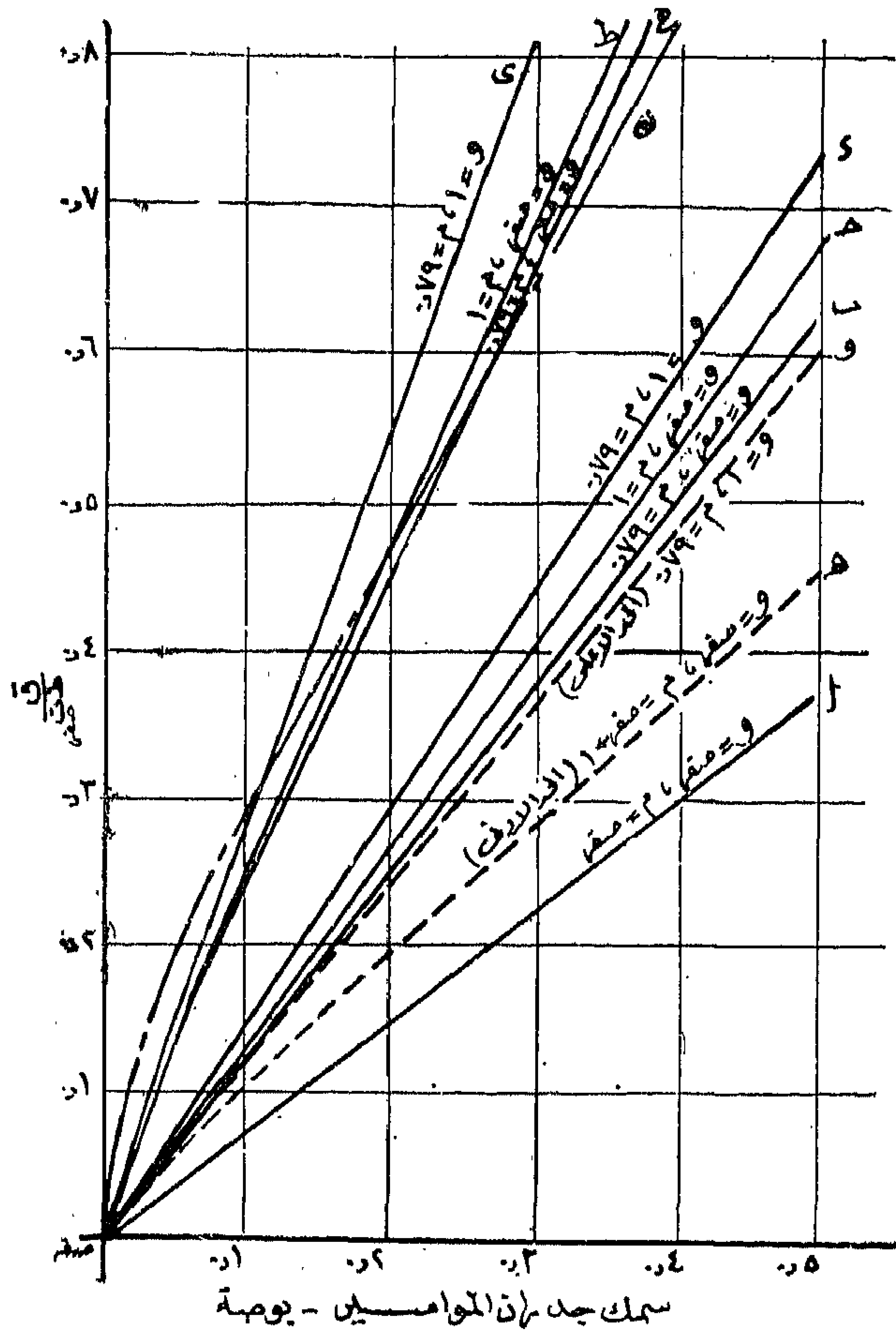
ففي شكل (٢٤) تبين الخطوط (ا ، ب ، ج ، د) نظرية سويفت الأساسية لقيم و ، م المختلفة (والتي تمثل الاحتكاك والصلادة كما سبق إيضاحه عن التكلم على هذه النظرية).

وتبين الخطوط هـ ، و التعديل الأخير المقترح من المؤلف بطرس بسبب تأثير عوامل قص المعدن.

وبإضافة المجموعتين السابقتين نحصل على الخطوط النهائية للنظرية وهي ح ، ط ، ى.

أما الخط البياني ك فيمثل التجارب العملية للمؤلف.

ومن الشكل يمكن استنتاج تطابق النظرية المعدلة والتجارب العملية إلى حد كبير.



شكل (٢٤)

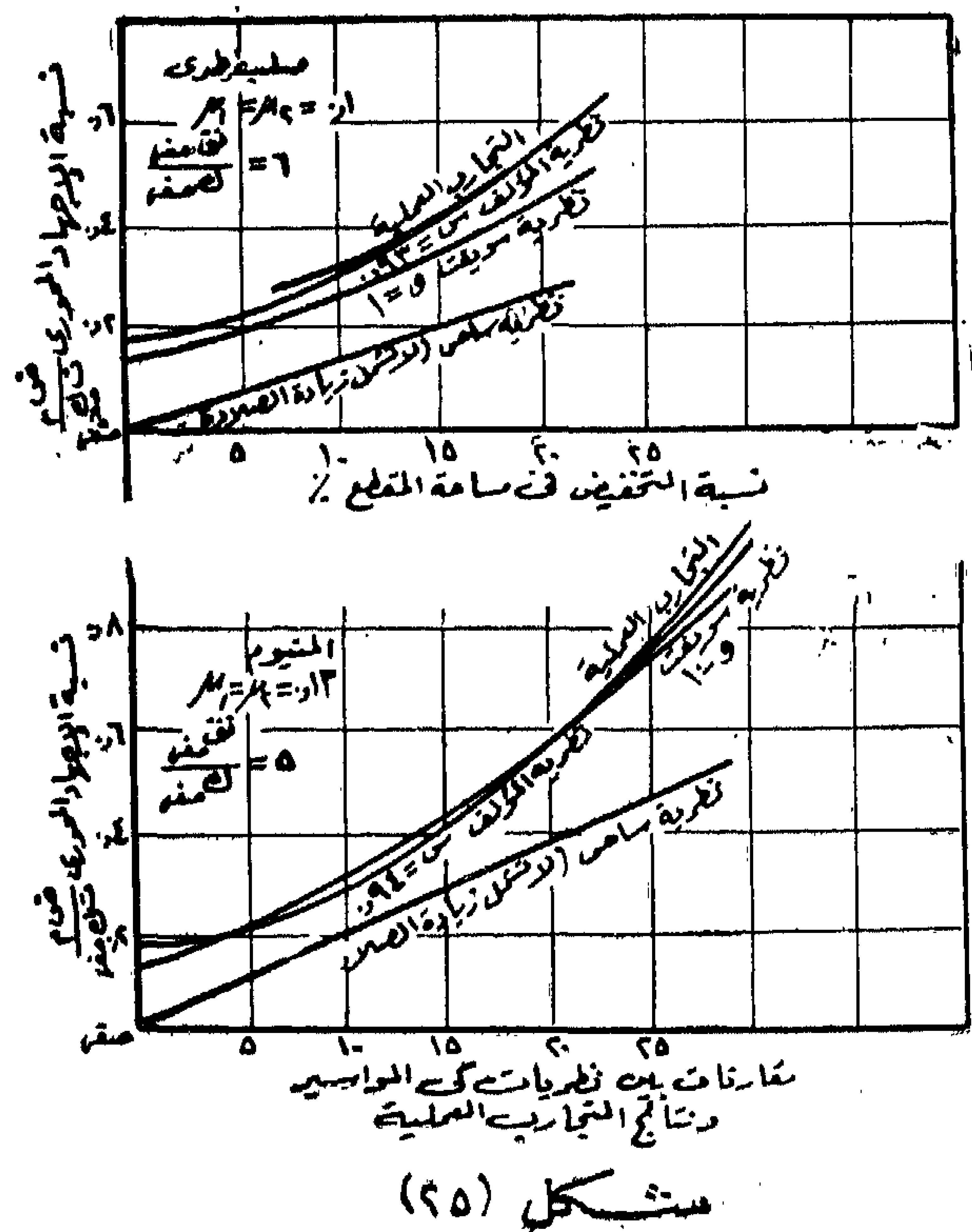
مع نسب تخفيض مختلفة فى مساحة المقطع ونظريات كى المواسير لكل من ساخس وسويفت وبطرس والسابق مناقشتها.

وكان المتبع أولا للمقارنة بين النظريات ونتائج التجارب العملية أن تحدد قيم معامل الاحتكاك μ بحيث تتطابق الخطوط البيانية. وكما سبق القول قام المؤلف (بطرس) بقياس وتحديد القيم الفعلية لمعاملات الاحتكاك عملياً وذلك لمختلف المعادن ووجد أن قيم μ أثناء كى المواسير وكما سبق ذكره، حوالى ١ر. للصلب الطرى، ١٣ر. للألمنيوم. واستخدمت هذه القيم حالياً فى المقارنات السابق ذكرها بشكل ٢٥.

تبين الخطوط البيانية أن نظرية ساخس تعطى قيما لنسب إجهاد الكى أقل بكثير من مثيلاتها للتجارب العملية.

مقارنات بين مختلف الدراسات النظرية ونتائج التجارب العملية لكى المواسير:

يبين شكل (٢٥) مقارنات بين نتائج التجارب العملية لكى كل من المواسير الألمنيوم والصلب الطرى



شكل (٢٥)

والسبب الرئيسى فى ذلك يرجع إلى اعتماد نظرية ساخس فى تحليلها على قواعد الجهد المستوى ولذلك أهمل أبعاد المواسير وتأثيرها على الإجهادات الحادثة . فنجد أن الخط البيانى يستخدم لأى مقاس أو أبعاد المواسير طالما بقى مقدار التخفيض فى سمك الجدران ثابتاً ، كذلك أهمل ساخس تأثير زيادة صلادة المعدن عند التشكيل وأيضاً تأثير ثنى الجدران بالقص عند كل من مدخل ومخرج الاسطمبة والسابق تحليله. ومن نتائج تطبيق قواعد الجهد المستوى فرض تساوى معدلات الضغوط على سطحى الماسورة الداخلى والخارجى هذا الفرض الذى ثبت عدم صحته فى أحوال المواسير السميكة عند تحليل نظرية المؤلف بطرس .

وبالرغم من استخدام سويفت لمبادىء الجهد المستوى فى تحليله لنظرية السكى ، إلا أنه أدخل فى حسابه زيادة الصلادة وأيضاً تأثير ثنى الجدران بالقص . وكان من اللازم أيضاً فرض قيم لكل من معامل الاحتكاك والمعامل الدال على زيادة الصلادة .

ولقد فرض جميع البحاث السابقين قيمة للمعامل (و) الدال على الصلادة ، تساوى وحدة واحدة . وهى نفس القيمة التى استخدمت فى مجموعة الخطوط البيانية بالشكل السابق .

ومن المقارنة بين نظرية سويفت والتجارب العملية للمواسير الألمنيوم ، يلاحظ تطابق هذه النتائج لقيم التخفيض متوسط القيمة ، ولكنها تتباعد مع التخفيضات التى تزيد عن حوالى ٢٥ ٪ هذا الاختلاف كان متوقعاً مع استخدام نظرية تعتمد فى أساسها على الجهد المستوى .

أما بالنسبة للمواسير الصلب فلقد كان الفرق كبيراً كما أن الفرق يزداد مع نسب التخفيض الكبيرة كما وجد الحال مع المواسير الألمنيوم . ويصح القول بأن العامل الرئيسى فى عدم تقارب الخطوط البيانية للمواسير الصلب هو أن قيمة (و) المختارة غير مناسبة .

أما بالنسبة للنظرية الجديدة للمؤلف (بطرس) فلقد أثبتت المقارنات عدم تساوى معدلات الضغوط على سطحى الماسورة الداخلى والخارجى (س = ٠٫٩٣ لمواسير الصلب ، س = ٠٫٩٤ للمواسير الألمنيوم) كما هو واضح بالشكل (٢٥) . ومن المقارنات الكثيرة الأخرى التى أجريت بين هذه النظرية والنتائج العملية المختلفة أمكن تحديد قيم س المناسبة بين ٠٫٨٨ ، ٠٫٩٥ ، وأن احتمال وجود س = ١ أى تساوى الضغطين الخارجى والداخلى لا يحدث إلا باعتبار التشكيل حالة جهد مستوى ، وهى الحالة السابق القول بأنها لا تناسب عمليات سحب المواسير .

كذلك يبين شكل (٢٦) المقارنات التى أجريت بين نظرية المؤلف والنتائج العملية التى حصل عليها نفس المؤلف (بطرس) من تجارب كى المواسير مع استخدام مواد تزييت متعددة .

ويتضح من الشكل تطابق النتائج لقيم س المحصورة بين نفس القيم السابق ذكرها .

من هنا يتضح أهمية قيم (س) وأن هذا العامل يعتبر من أهم العوامل المؤثرة على نتائج السحب بينما يقل تأثير معامل الاحتكاك نسبياً .

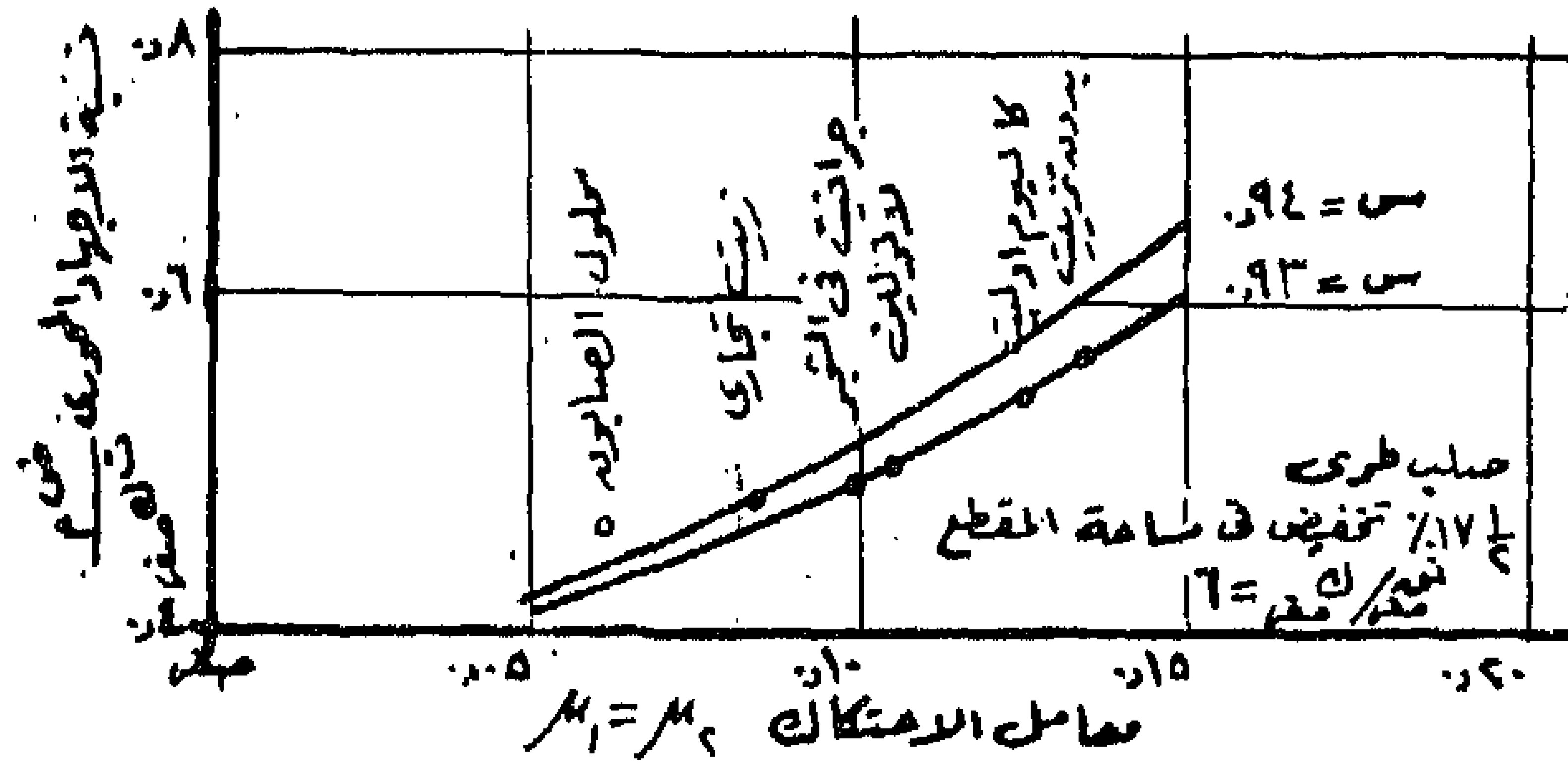
ومن ناحية أخرى يبين شكل (٢٥) أن العلاقة بين معدلات الضغوط المحورية والنسبة المئوية فى التخفيض فى مقطع المواسير غير خطية ، وأنها لا تمر بنقطة الأصل عند مدها . وتتفق فى هذه الناحية كل من النتائج العملية والنظرية .

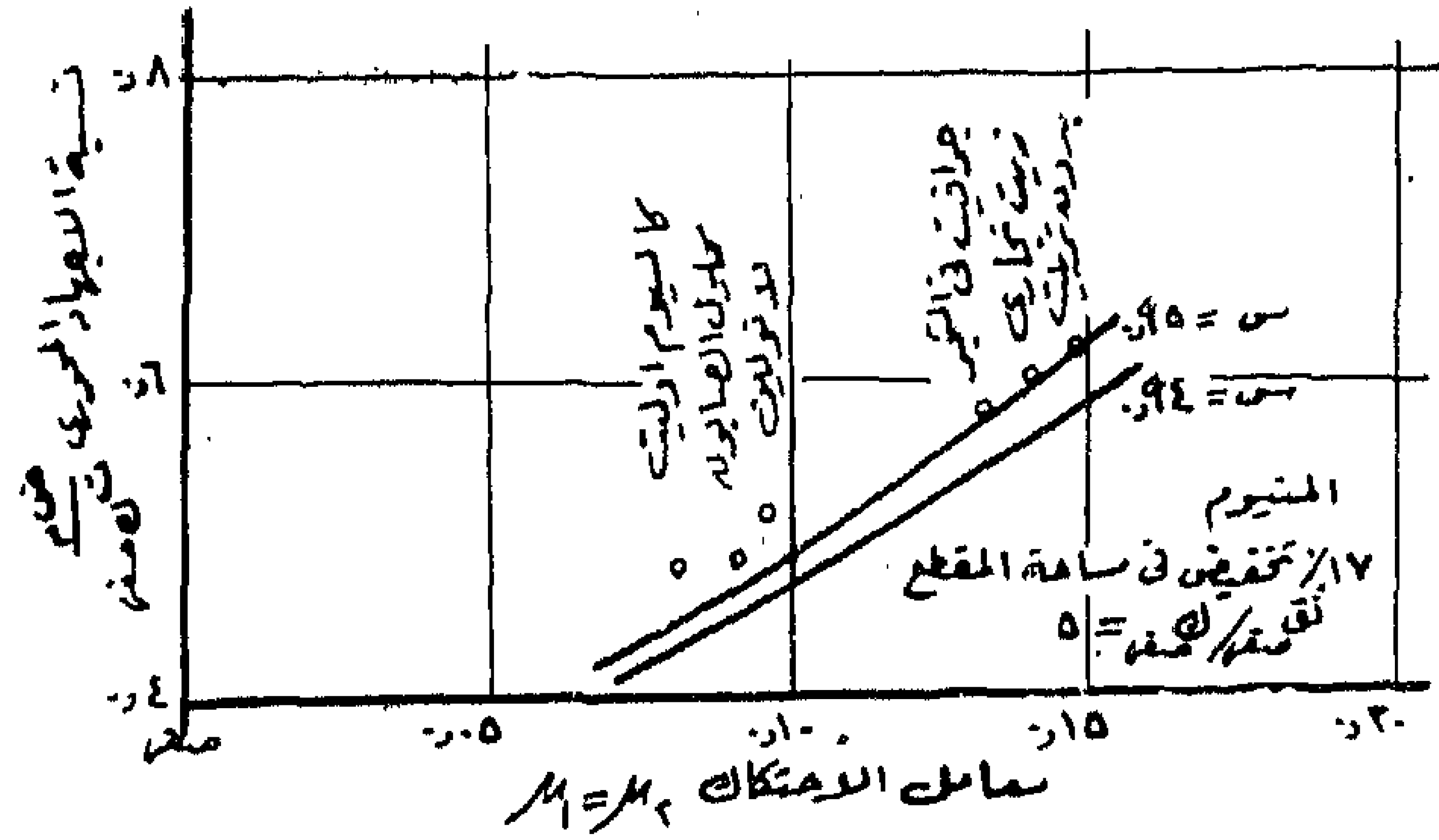
ومع التسامح عن الفروق البسيطة بين نسب $\frac{ع\,صفر}{ك\,صفر}$ ومعاملات الإحتكاك للمعدنين تحت الاختبار يمكن القول بتطابق الخطوط البيانية .

سحب المواسير مع استخدام دليل متحرك :

تتميز هذه العملية بمعناها العميق ، بينما ينحصر إستخدامها فى القليل من مجالات تصنيع المواسير غير الملحومة إلا أنها تكون جزءاً كبيراً هاماً من عمليات سحب دانات المدافع(٣١) وظروف المفرقعات وإعادة السحب أو السكى على الأجسام الوعائية .

ومن الناحية النظرية يمكن استنباط المعادلة





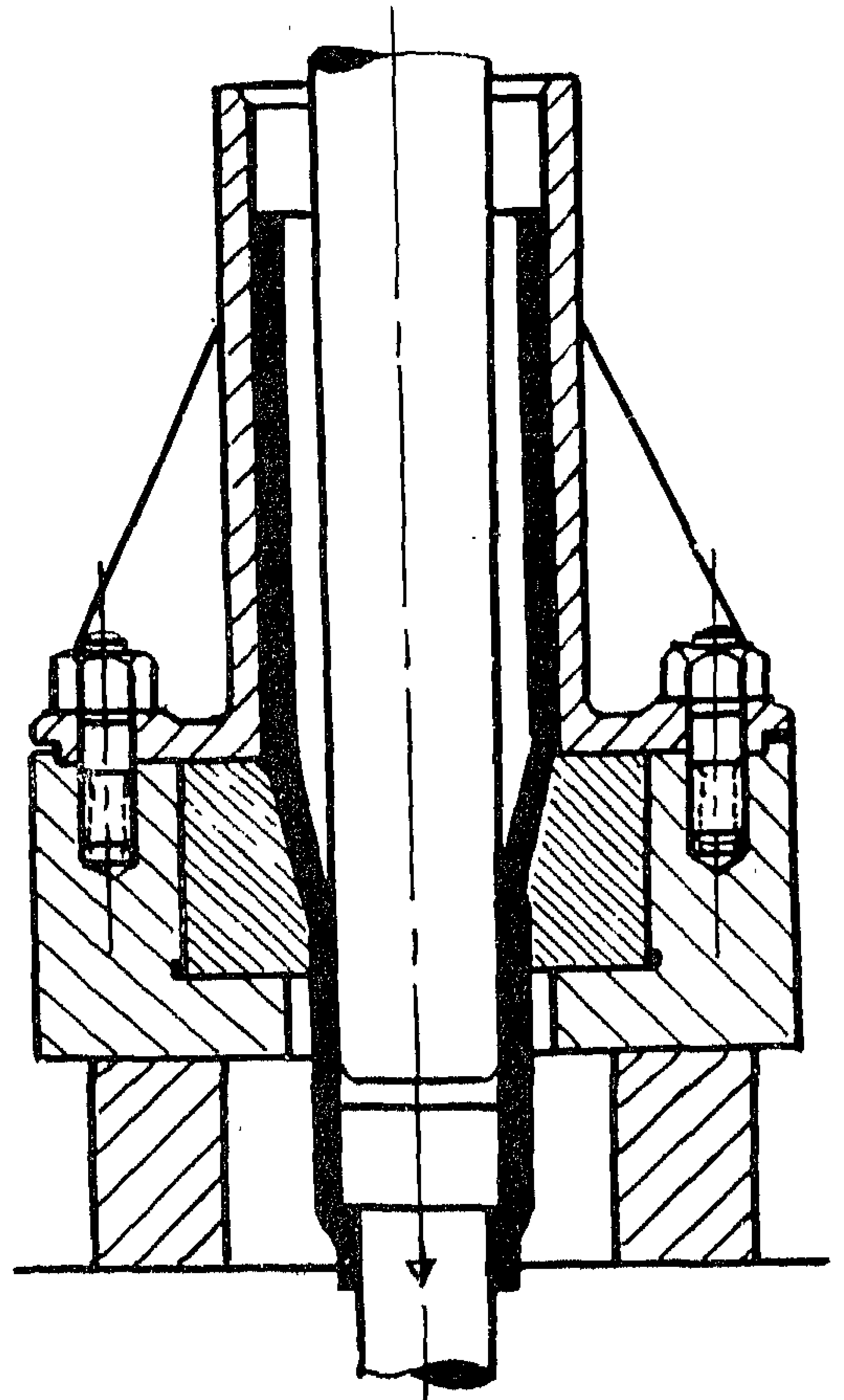
مقارنات بين نظرية المؤلف ونتائج تجاربه فى كى المواسير

شكل (٢٦)

التفاضلية اللازمة لهذه العملية ثم تكاملها لبعض الحالات الخاصة علماً بأن هذه الطريقة البسيطة لم تكن مناسبة لإيضاح تأثيرات جميع المتغيرات الموجودة فعلا .

مثال ذلك أنه لوحظ أثناء بعض التجارب العملية على دانات المدافع أن مقدار التخفيض فى مساحة المقطع والذى يمكن إتمامه فى عملية سحب واحدة تتراوح ما بين ٣٠ وأكثر من ٩٠٪ تحت عوامل معينة ، بينما يضيق هذا الفرق الكبير فى حدود إمكانيات السحب ليصبح حوالى ٧٥٪ ± ٣٪ فقط لبعض تجمعات المتغيرات الأخرى(٢). ومن الطبيعى أن يكون من اللازم أن تشمل النظرية هذه التأثيرات السابقة .

ولقد أوضحت نظرية السحب البسيطة والسابق تحليلها بأن هذه المعادلة التفاضلية لقوى السحب المحورية والضغط نصف القطرى .



سحب المواسير بالدليل المتحرك

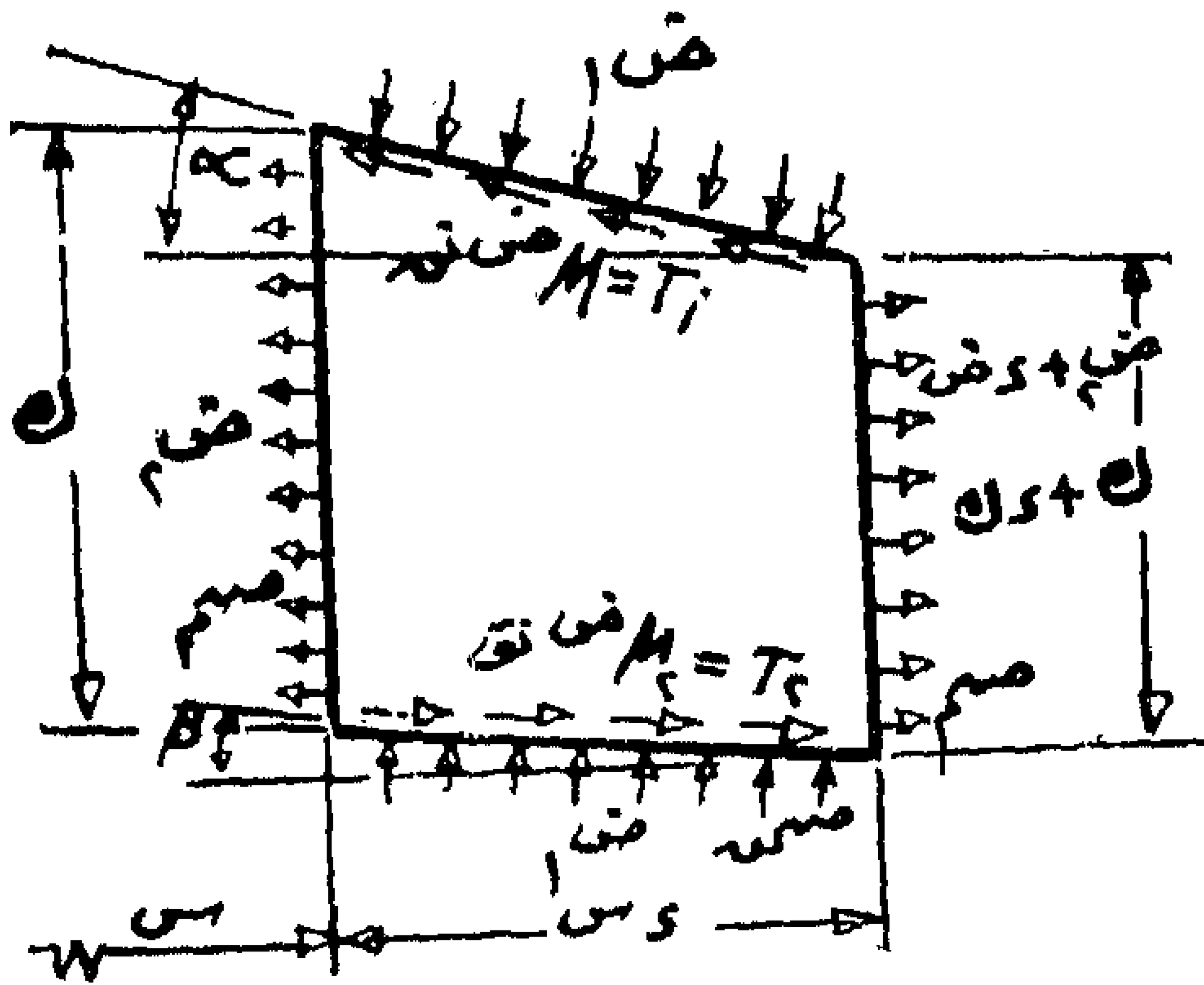
شكل (٢٧)

وبفرض قطاع طولى الماسورة رفيعة الجدران كالمبين بالشكل (٢٨).

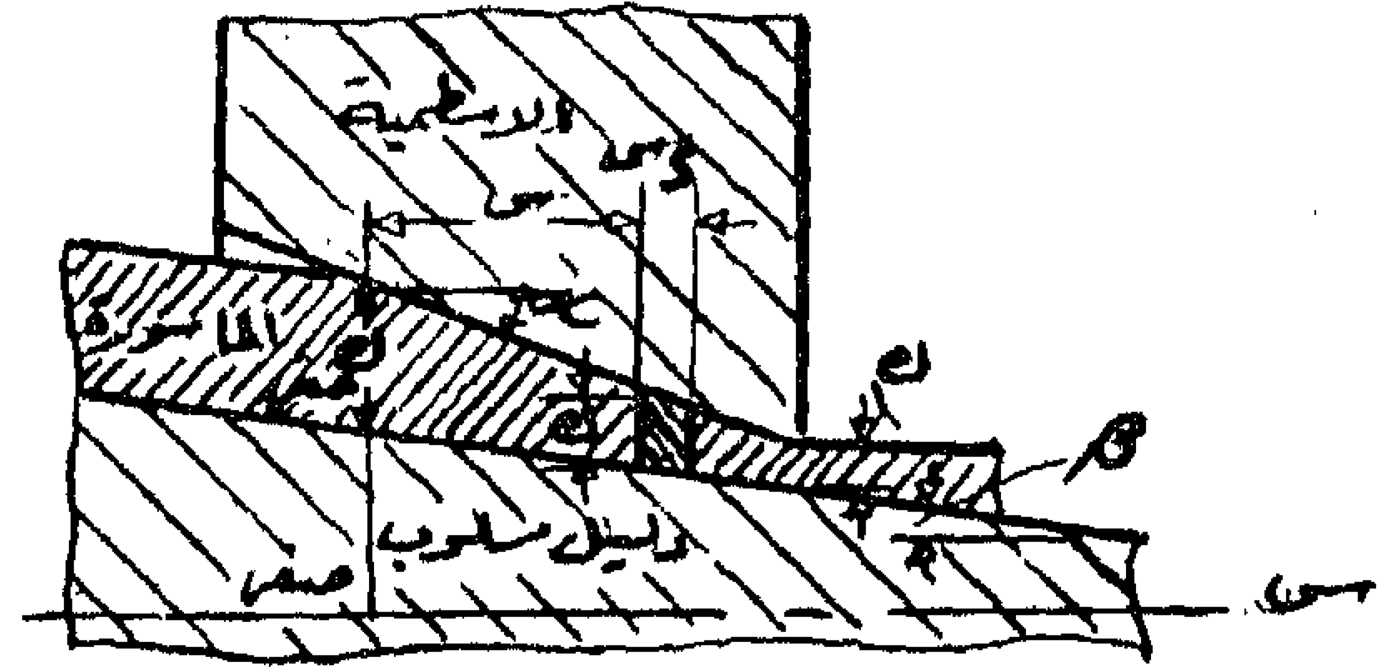
وتظهر كل من الأسطمبة والدليل بسلبية مستقيمة ، ولكن ثبت إمكان تطبيق التحليل التالى لأى شكل آخر من أشكال أدوات السحب .

اعتبر قطعة صغيرة من الماسورة فى اتجاه عمودى على الاتجاه المحورى ، وعلى بعد (س) من نقطة ابتداء التلامس بين الماسورة والأسطمبة . إفرض أن سلبيات الأسطمبة والدليل (أنصاف زواياها) عند هذه النقطة هى α، β ، وأن معاملات الإحتكاك $\mu_١$ ، $\mu_٢$ على الترتيب ، وأن سمك جدار الماسورة ك .

وفى حالة المواسير الرفيعة الجدران يمكن إعتبار أن قطعة الماسورة لها وحدة عرض واحدة فى اتجاه متعامد مع سطح الورقة .



شكل (٢٩)



سحب المواسير بدليل متحرك مسلوب

شكل (٢٨)

ويبين شكل ٢٩ القوى المؤثرة على قطعة الماسورة تحت الدراسة .

وفى حالة المواسير رفيعة الجدران يمكن إهمال القوى المحيطية وكذلك يمكن الفرض بتساوى الضغوط العمودية على كل من الأسطح الملامسة للاسطمبة والدليل كما تظهر بالشكل ٢٩ كما نفرض أن الإجهادات على كل الجوانب إجهادات أساسية مما يفرض معه بأن قيم α ، β صغيرة لذلك فإن دقة المعادلات تقل كلما زادت زوايا ميل أسطح الاسطمبة والدليل وبالأخص إن كان الفرق بينهما كبير . وبعد تحليل المعادلات التفاضلية ثم تكاملها يمكن الحصول على المعادلة :

$$\int_{صفر}^{ض_٢} ء ض_م = ض_م = \int_{صفر}^{س} ض_س . ب . ء س$$

حيث ب = ظتا α — ظتا β + $\mu_١$ — $\mu_٢$

ومع استخدام نظرية تريسكا (نظرية أقصى إجهاد قص) ، ويمكن الحصول على المعادلة .

$$ض_س = ت_{ك\,صفر} \frac{١}{ك} \int_{صفر}^{س} ض_س \left(طا \alpha - طا \beta + \mu_١ - \mu_٢ \right) . ء س \quad \text{———} \quad (١)$$

ولقد استخدمت طرق فرض التحسين المستمر فى طبيعة توزيع الضغط للوصول إلى حل المعادلة السابقة .

وكمثال — نأخذ حالة المعدن الذى يفرض فيه عدم زيادة الصلادة أثناء التشكيل مع سحبه خلال اسطمبات مسلوبة ، مع دليل بدون سلبية .

فى هذه الحالة تكون كل من α ، β ، ت $ل_{صفر}$ ذات قيمة ثابتة ومن شكل (٢٨) ينتج أن :

$$ل = ل_{صفر} - س \left(طا \alpha - طا \beta \right) = ل_{صفر} - س . د$$

حيث $د = طا \alpha - طا \beta$

ومنها يمكن كتابة المعادلة الأولى[1] لقيمة $ض_س$. بالصورة .

$$ض_س = ت\, ل_{صفر} - \int_{صفر}^{س} \frac{ب}{ل_{صفر} - س . د} ض_س . ء س \ldots\ldots (٢)$$

وفى حالة معدل إجهاد انسياب ثابت ، ت $ل_{صفر}$ ، وعدم تعرض الماسورة لسحب خلفى ، فإن الضغط يتدرج من ت$ل_{صفر}$ عند س = صفر حتى صفر عند قيمة $س = ب_١ . ل_{صفر}$ ، كما هو واضح من المعادلة (٢) .

وكتقريب أول ، $ض_١$ ا يمكن اعتبار توزيع $ض_١$ مستقيماً ، والذى يحقق المعادلة السابقة (٢) للقيم س = صفر ، $س = ب_١ ل_{صفر}$.

ومعادلة هذا الخط المستقيم هى :

$$\frac{ض_١ ا}{ت\, ل_{صفر}} = ١ - \frac{س}{ب_١ . ل_{صفر}} \qquad (٣)$$

والتى يجب فيها حساب قيمة المقدار الابت $ب_١$ تبعاً للمعادلة (٢) .

ويكون ذلك بالتعويض فى المعادلتين (٣) ، (٢) ثم الحل لإيجاد الثابت $ب_١$. ومنها ينتج أن

$$ب_١ = \frac{٢}{ب + ٢ د} \quad \text{———} \quad (٤)$$

وعلى ذلك تكون العلاقة الخطية المستخدمة كتقريب أول هى :

$$\frac{ض_١ ا}{ت_{ك صفر}} = ١ - \frac{س (ب + ٢ د)}{٢ ك_{صفر}} \qquad (٥)$$

ويبين شكل (٣٠) هذه العلاقة مع فرض الآتى :

$$\alpha = ١٠^\circ \; (طا \alpha = ٠٫١٧٦) \;\text{، } \mu = صفر$$

$$\text{، } \mu_١ = ٠٫١٥ \;\text{، } \mu_٢ = ٠٫١٠$$

$$\text{، ب} = طا \alpha - طا \beta + \bar{\mu}_١ - \mu_٢ = ٠٫٢٢٦$$

$$\text{، د} = طا \alpha - طا \beta = ٠٫١٧٦$$

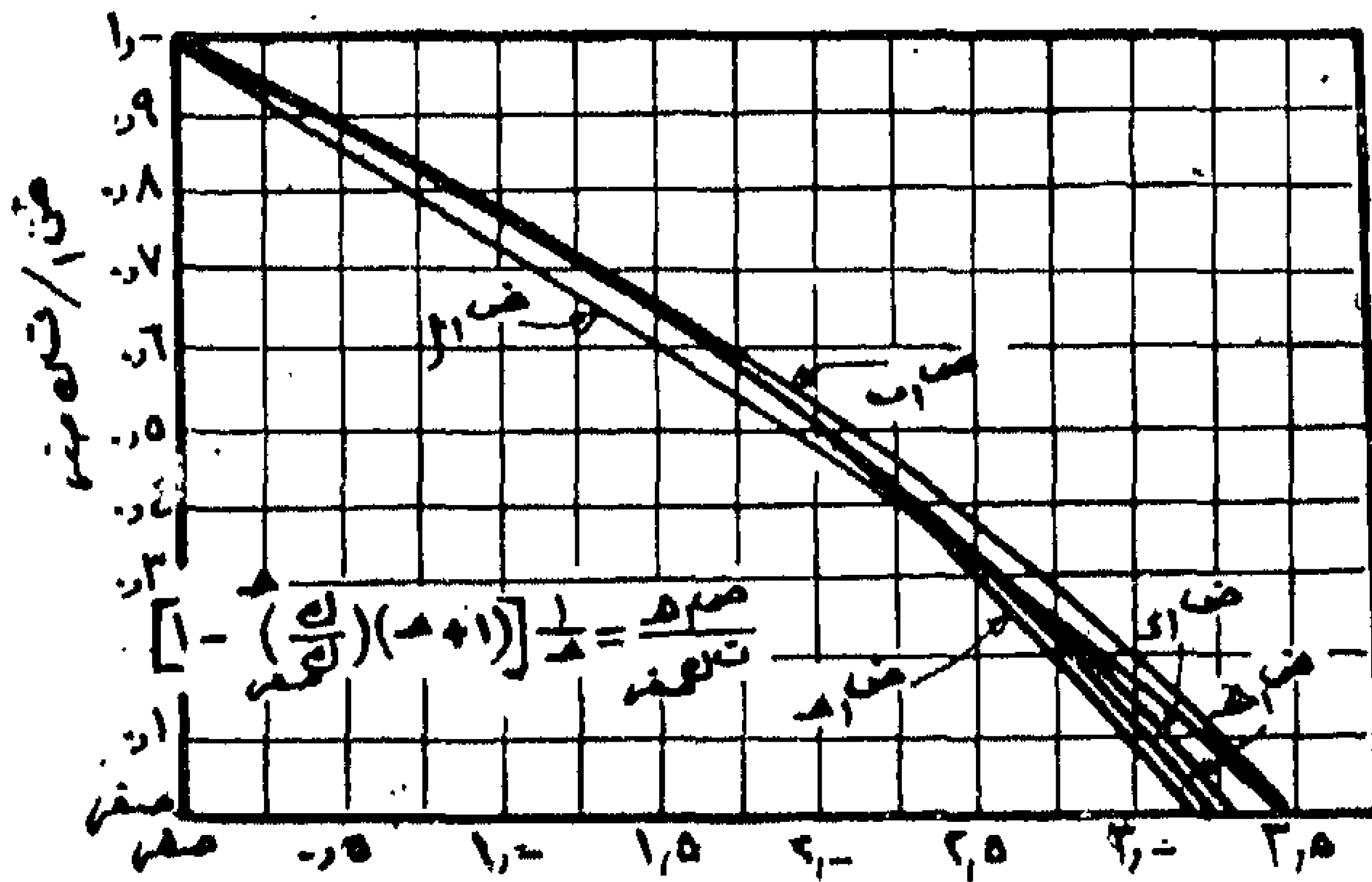
ومن معادلة التقريب الأولى تصبح

$$\frac{ض_١ ا}{ت_{ك صفر}} = ١ - \frac{س}{٣٫٤٤ \; ك_{صفر}} \qquad (٦)$$

ومعادلة التقريب الثانى يمكن الآن الحصول عليها من المعادلة (٢) ، وذلك بالتعويض عن ض$_١$ بالقيمة ض$_١$ ا

$$\therefore \frac{ض_١ ب}{ت_{ك صفر}} = ١ - \int_{صفر}^{س} \frac{٠٫٢٢٦}{ك_{صفر} - ٠٫١٧٦ \; س} \cdot \frac{ض_١ ا}{ت_{ك صفر}} \; ء س \qquad (٧)$$

ويمكن حل هذه المعادلة بالرسم والنتيجة كما هو مبين بشكل ٣٠ يتكرر العمل بعد ذلك بوضع ض١ب فى المعادلة ٧ والحصول على ض١حـ وهكذا حتى نحصل على توزيع للضغط يحقق معادلة التوزيع بدرجة الدقة المطلوبة . وفى المثال الحالى أمكن الوصول إلى درجة الدقة المطلوبة بعد خمسة عمليات تقريب متتالية والتى تظهر نتائجها بالشكل ٣٠ .



شكل (٣٠)

REFERENCES

1. J. J. Guest.—"On the strength of ductile materials under combined stress" — 1900 — Phil. Magazine, Series 5, Vol. 50, p. 69.

2. H. W. Swift.—"Plastic flow in metals" — 1940 — the Metal Industry. Vol. LVI, No. 5, p. 127, No. 6, p. 149, No. 7, p. 173.

3. C. Zener and J. H. Holloman.—"Plastic flow and rupture of metals" — 1944 — T.A.S. for metals, Vol. 33, p. 163.

4. J. L. M. Morrison. — "The criterion of yield of gun steels" — 1948 — Proc. of the Inst. of Mech. Engineers, Vol. 159, p. 81.

5. H. W. Swift. — "Stresses and strains in tube drawing" — 1949 — the Phil. Magazine, Series 7, Vol. XI, p. 883.

6. B. M. Botros. — "Hollow Drawing and sinking of tubes" — 1950 — M. Eng. thesis Sheffield University. Also "Progress Report on Measurement of Strain in Drawn and Sunk Tubes" — B.I.S.R.A. Report MW/E/41/49.

7. G. Sachs. — "A theory of tube drawing — 1942" — The Modern Industrial Press. Vol. IV No. 5, pp. 26/28.

8. W. S. Knowles and H. W. Swift. — "Ironing of metal cups; Effects of die angle and wall thickness" — 1946 — The Inst. of Auto. Engineers. Report No. 1946/R/3.

9. G. C. Briggs and H. W. Swift. — "Ironing of thick walled cups"—1947—18th M.I.R.A. Report on Work in Sheffield University.

10. H. Ford. — "Researches into the deformation of metals by cold rolling" — 1948 — Proc. Inst. Mech. E., London, Vol. 159, p. 115.

11. S. Y. Chung. — "The mechanism of deep drawing" — 1950 — Ph. D. Thesis — Sheffield University.

12. R. N. F. Lawe and H. W. Swift, "Ironing of Mild Steel Cups", 1945, the Inst. of Auto. Engineers. Report No. 1945/R/3.

13. H. Ford, "The Role of Friction in Metal Working Processes", 1954, Symposium on Metal Working Oils. Part II: Metal Forming. Journal of the Inst. of Petroleum. Vol. 40, pp. 291-294.

14. F. P. Bowden and D. Tabor — "The Friction and Lubrication of Solids", 1950, Oxford, Clarendon Press.

15. P. G. Forrester. — "Kinetic Friction In or Near the Boundary Region", 1946, Proc. Roy. Soc. A 187, p. 439.

16. G. D. Maclellan. — "Some Friction Effects In Wire Drawing", 1952, J. Inst. Met., Vol. 81, p. 1.

17. H. Ford and F. Ellis. — "Cold Rolling With Strip Tension", 1952, J. Iron and Steel Inst., Vol. 171, p. 239.

18. H. G. Baron and F. C. Thompson. — "Friction In Wire Drawing", 1950, J. Inst. of Metals, Vol. 78, p. 415.

19. A. B. Watts and H. Ford. — "An Experimental Investigation of The Yielding of Strip Between Smooth Dies", 1952, Proc. Inst. Mech. Engrs., London B.I. No. 10, p. 448.

20. J. G. Wistreich. — "Experimental Investigation of the Mechanics of Wire Drawing", 1953, B.I.S.R.A. Report MW/D/66/53.

21. H. Majors. — "Effect of Sequence on the Coefficient of Friction in Cold Drawing Low Carbon and 2 S-O Aluminium Rods (Part III), 1954, A.S.M.E. Paper No. 54-A-114.

22. G. Espey and G. Sachs, "Experimentation on Tube Drawing with a Moving Mandrel, 1947, J. of Applied Mechanics, Vol. 14, No. 2, pp. A/81-A/87.

23. H. W. Swift and G. C. Briggs. — "Bending and Friction Over the Die Radius" 1947, 17th Report on Work at Sheffield University.

24. B. M. Botros, "Theory and Experiments on Tube Ironing, including the Determination of μ", Ph.D. Thesis, Sheffield University, 1956.

25. G. Sachs and G. Espey. — "Strength Distribution in Sunk Brass Tubing" — 1942 — T.A.I. For Mining and Metallurgical Engineers. Inst. of Metals Div. pp. 67-74.

26. W. M. Baldwin and T. S. Howard. — "Dimensional Changes Encountered In Tube Sinking" — 1944 — T.A.S. of Metals. Vol. 33, p. 88.

27. G. Sachs and W. M. Baldwin. — "Stress Analysis of Tube Sinking" — 1946 — T.A.S. M.E. Vol. 68, p. 655.

28. G. Sachs and W. M. Baldwin. — "Folding In Tube Sinking" — 1946 — T.A.S.M.E. Vol. 68, p. 647.

29. G. C. Briggs and H. W. Swift. — "Pressure Sinking of Cups and Tubes" — 1944 — The Inst. of Auto. Engineers. No. 1944/6.

30. W. G. Clark and H. W. Swift. — "Strains In Drawing and Sinking of Tubes" — 1945 — The Inst. of Auto Engineers. No. 1945/R/5.

31. (ا) صناعة دانات الدافع (١) مجلة المهندسين — يونيه ١٩٥٩ — صفحة ٥٩
(ب) صناعة دانات الدافع (٢) مجلة المهندسين — يناير ١٩٦٠ — صفحة ٦٠

32. G. Sachs and J. D. Lubahn. — "Drawing thin walled tubing with a moving mandrel through a single stationary die." — 1944 — T.A.S.M.E. Vol. 66, 1944.

مخلفات المصانع

للمهندس رزق الشناوى

— ٢ —

ويساعد هذه العملية ويرفع من كفاءتها التقليب الهادىء لمدة تتراوح بين ٢٠ و٦٠ دقيقة حيث تبين أن هذا التقليب يفيد فى الحصول على كتل كبيرة نسبياً ولكن يشترط ألا يكون هذا التقليب عنيفاً وإلا تحطمت هذه الكتل وعجزت عن أداء وظيفتها .

ويعطل عملية الترويب بل ويوقفها وجود مواد ذات رغاوى كالصابون والمواد المستعملة فى تنظيف الملابس (synthetic detergents) كالأومووتيرى ... الخ) .

المواد المروبة :

١ — أملاح الحديد : تعتبر أملاح الحديد من أكثر المواد إستعمالا للمعالجة بالترويب لمياه المجارى والمياه المتخلفة من الصناعة نظراً لأن الرواسب الحديدية وزنها النوعى ثقيل مما يسهل عملية الترسيب .

والمادة المستعملة هى كلوريد الحديديك $Fe\ Cl_3$ وتتم عملية الترويب فى وسط حامض (ق يد أقل من ٧ ويستحسن أن يكون ٥ر٥ والمادة المروبة التى تتكون بتفاعل كلوريد الحديديك مع الماء هى إيدروكسيد الحديديك $(Fe\ (oH)_3)$.

وقد تستعمل أيضاً كبريتات الحديدوز $Fe\ So_4$ ولكنها لا تكون فعالة إلا بعد أن يتأكسد الحديد ثنائى التكافؤ Fe^{++} إلى الحديديك ثلاثى التكافؤ Fe^{+++} ويتم هذا التأكسد فى وسط قلوى (ق يد حوالى ٩ر٠) وتبلغ أقل جرعة ٣٥ — ٧٠ جزء فى المليون ومن المواد الأخرى شائعة الاستعمال كبريتات الحديدوز المضاف إليها الكلور ، حيث يقوم الكلور بدور العامل المؤكسد لكبريتات الحديدوز مكوناً فى النهاية خليطاً من كلوريد الحديديك وكبريتات الحديديك .

٢ — أملاح الألومنيوم : يمكن إستعمال أملاح الألومنيوم كمادة مروبة ولكن استعمالها يكاد يكون قاصراً على مياه الشرب فقط حيث إن استعمالها فى مياه المجارى لم يحقق كفاءة عالية كأملاح الحديد نظراً لأن هيدروكسيد الألومنيوم أخف وزنا ومن ثم فإن سرعة الترسيب تكون أقل مما يتطلب مدة مكث كبيرة فى أحواض الترسيب .

٣ — أملاح الكالسيوم : قد يستعمل الجير (سواء جير حى CaO أو جير مطفى $Co\ (oH)_2$ كمادة مروبة إذا كانت المياه المطلوب تنقيتها تحتوى على مواد يستطيع الجير أن يرسبها . مثال ذلك المياه المحتوية على بيكربونات فإنها ترسب على هيئة كربونات كالسيوم عند إضافة الجير .

وقد استعمل كلوريد الكالسيوم $Co\ Cl_2$ لمعالجة بعض

متخلفات الصناعة خصوصاً المغاسل ومصانع النسيج حيث يتخلف عنها مواد ذات رغاوى يسهل ترسيبها .

تطبيقات عملية :

١ — مصانع النسيج : تحتوى على نسبة عالية من الصابون والشحم وتعالج بمادة كلوريد الكالسيوم .

٢ — المدابغ : لا مكان التخلص من أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة غير الذائبة تضاف أملاح الحديد كمادة مروبة كما أن لها فائدة أخرى هى إزالة مركبات الكبريت الغير مرغوب فيها .

٣ — الصناعات الغذائية : نظراً إلى أن أغلب المياه المتخلفة من صناعة حفظ الأغذية تكون فى حالة حمضية فإن الأمر يقتضى إضافة الجير لغرض التعادل وقد يقوم الجير بدور المادة المروية إلا أنه جرت العادة على إضافة كبريتات الحديدوز لتحسين الترسيب . وتتراوح الجرعة اللازمة بين ٥ و ١٠ رطل من الجير ، ١ — ٦ رطل من كبريتات الحديدوز لكل ١٠٠٠ جالون من المياه المطلوب معالجتها .

٤ — المتخلفات الزيتية : أثبتت تجارب الترويب الكيميائى التى أجريت على متخلفات معامل التكرير التى تحتوى على نسب عالية من الزيت أن إضافة كبريتات الحديدوز المصحوب بالسيليكا المنشطة أو الجير كمادة مروية يخفض نسبة الزيت من ٦٠ إلى ٥ أجزاء فى المليون . كما نقصت العكارة من ١٥٠ إلى ١٠ جزء فى المليون ، والمواد العالقة من ٢٥ إلى ١٠ جزء فى المليون وكمية الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D. من ٦٠ إلى ٣٠ جزء فى المليون .

(ب) التفاعلات الكيميائية :

لقد أمكن بواسطة بعض التفاعلات الكيميائية تنقية متخلفات الصناعة من كثير من المواد الملوثة . وتختلف هذه العملية عن الترويب فى أن المادة الملوثة ذاتها تتفاعل مع المادة الكيميائية مكونة مادة جديدة يسهل التخلص منها إما بالتطاير أو بالترسيب .

١ — التطاير :

عند إضافة حامض قوى إلى متخلفات تحتوى على مادة السيانيد يتخلف عن ذلك غاز سيانيد الأيدروجين HCN سهل التطاير والذى يمكن التخلص منه بالتسخين أو النفخ بالهواء . وكذلك الحال بالنسبة للمتخلفات التى تحتوى على الكبريتيد عند إضافة حامض إليها فإنه ينتج عن ذلك غاز كبريتيد الأيدروجين الذى يمكن طرده بنفس الطريقة سالفة الذكر أى التسخين أو التهوية .

٢ — الترسيب :

(أ) المعادن الثقيلة : تحتوى متخلفات الصناعات المعدنية على كثير من أيونات المعادن الثقيلة كالحديد والنحاس والزنك والكادميوم التى غالباً ما تكون مصحوبة بأحماض يتطلب الأمر معادلتها بالقلويات . فإذا كانت المادة القلوية من القوة والكفاية بحيث ترفع درجة (ق يد) إلى ما بعد ٧ (أى حوالى ٨ أو ٩) فإن أغلب هذه المعادن الثقيلة ترسب على هيئة هيدروكسيدات أو أملاح قاعدية وتستخدم هذه النظرية فى مصانع الطلاء بالكهرباء .

(ب) الكرومات : يمكن التخلص من الكرومات التى توجد فى متخلفات الصناعات المعدنية بتحويلها إلى كرومات الباريوم التى لا تذوب فى الماء ومن ثم فإنها ترسب ويسهل فصلها . ويتم التفاعل بإضافة كلوريد الباريوم أو أى ملح من أملاح الباريوم إلى الكرومات مكوناً كرومات الباريوم $B.\ C.\ O_4$ عديم الذوبان .

(ج) المتخلفات المحتوية على الصابون يمكن معالجة مثل هذه المتخلفات باستعمال كلوريد الكالسيوم أو الجير أو أى مادة كماوية تحتوى على الكالسيوم الذى يعتبر الأيون الفعال فى عملية الترسيب .

وقد استخدمت هذه الطريقة تجارياً فى معالجة متخلفات

عملية كشط الصوف والنسيج والمغاسل. كما أثبتت نجاحاً فى معالجة متخلفات الحمرة من صناعة الزجاج الطبى نظراً لإحتواء هذه المتخلفات على الصابون المختلط بمسحوق الحمرة العالق وأساس هذه العملية هو ترسيب الصابون بواسطة كلوريد الكالسيوم مكوناً كتلاً تساعد على ترسيب ذرات الحمرة .

التنقية البيولوجية الحيوية الهوائية :

إن من أنجح الوسائل لتنقية مياه المجارى أو متخلفات الصناعة الملوثة تلوثاً عضوياً هو ذلك الدور الهام الذى تقوم به البكتيريا وسائر الكائنات الحية الأخرى حيث تستخدم المواد العضوية كغذاء لها وتحولها إلى مواد بسيطة لا تسبب أى تلوث(مثل ثانى أكسيد الكربون والنترات والكبريتات والمياه . . إلخ) وتنشط البكتيريا الهوائية عند توافر الأكسجين اللازم لحياتها فتعمل على تحليل ذرات المواد العضوية المعقدة كالدهنيات والبروتينات والكربوهيدرات وذلك بأكسدتها إلى المواد البسيطة سالفة الذكر . وبالإضافة إلى هذا فإن هناك دور هام آخر تقوم به البكتيريا الهوائية ذلك هو استخدام البروتينات فى بناء خلايا جديدة لا تلبث أن تتجمع وتكون كتلا صغيرة يسهل فصلها بالترسيب .

ولضمان نجاح هذه العملية وأدائها على الوجه الأكمل يلزم توافر الشروط الآتية :

١ — إحتواء المتخلفات على البكتيريا والكائنات الحية الأخرى المسئولة عن عملية التنقية .

٢ — إحتواء المتخلفات على المواد العضوية اللازمة لتغذية البكتيريا وإنعاشها .

٣ — ضرورة إمداد البكتيريا بالأكسجين اللازم لها .

٤ — الوسط الملائم لنمو البكتيريا وتوالدها .

وسنتكلم عن كل شرط على حده :

١ — الكائنات الحية :

وهذه تكون موجودة أصلا فى مياة المجارى وفى كثير من متخلفات الصناعة .

٢ — المواد الغذائية :

يمكن القول بأن جميع المواد العضوية (باستثناء الأثير ومركباته والهيدروكربونات Hydrocarbons تصلح كغذاء للبكتيريا وسائر الكائنات الحية الأخرى) .

ومن أهم العناصر اللازمة لضمان نمو البكتيريا مادتى النيتروجين والفوسفور وهما موجودتان دائماً فى مياه المجارى . أما مياه الصناعة فإنها غالباً ما تعانى نقصاً كبيراً فى هاتين المادتين أو قد ينعدم وجودها كلية . الأمر الذى يتعذر معه استمرار البكتيريا فى أداء وظيفتها .

ومن أمثلة المتخلفات التى تعانى هذا النقص متخلفات صناعة لب الورق وبعض متخلفات صناعة النسيج .

ولعلاج هذه الحالة يسير خلط المياه المتخلفة من الصناعة بمياه مجارى أو بإضافة مواد كيماوية تحتوى على العناصر المطلوبة .

فمثلا يعالج النقص فى النيتروجين بإضافة النشادر أو مركبات الأمونيا أو النترات أو النيترت . ويعالج النقص فى الفوسفور بإضافة أى من مركبات الفوسفات الذائبة .

وقد يستعمل السماد كمصدر للنيتروجين والفوسفور فى نفس الوقت وتبلغ النسبة المثالية بين كمية الأكسجين الحيوى الممتص للمياه المطلوب تنقيتها وبين كمية الفوسفور اللازمة حوالى $\frac{١٠٠}{١}$.

٣ — التهوية :

يمكن للبكتيريا الحصول على الأكسجين اللازم لها فى أى صورة من صوره سواء كان ذائباً أم حراً . وكلما استهلكت البكتيريا جزءاً من هذا الأكسجين يجب تعويضه بكمية أخرى مماثلة وإلا استنفذت كمية الأكسجين وعندئذ تصبح الظروف غير ملائمة لنمو البكتيريا الهوائية . ومن أسهل الطرق لاستعاضة كمية الأكسجين المستهلكة هو تعريض سطح المياه للهواء الجوى حيث تحصل منه على الأكسجين .

وفى المصبات المائية — هناك مصدر آخر للأكسجين

وهو ما يتخلف عن عملية التمثيل الضوئى التى تتم بفعل الطحالب والنباتات الخضراء التى تنمو فى المياه .

وإذا لم تكن كل هذه الوسائل كافية لتعويض الأكسجين المستهلك فإنه يلزم إضافة مواد كيماوية تحتوى على الأكسجين مثل النترات .

٤ — الوسط الحيوى اللائم :

(درجة الحرارة . درجة ق يد . درجة التسمم) .

تعتبر درجة الحرارة من العوامل الهامة التى تؤثر على نشاط البكتيريا وذلك رغم أنها تستطيع العيش فى درجات حرارة قد تصل إلى ٤٠ درجة أو أكثر إلا أنها تتأقلم على درجة حرارة معينة فتبلغ كفاءتها الحد الأقصى فإذا ما حدث أى تغيير مفاجىء فى درجة الحرارة بإضافة متخلفات ساخنة فإنه قد يتسبب عن ذلك هلاك هذه البكتيريا أو الحد من نشاطها . ولذا فإنه من الضرورى عند صرف متخلفات الصناعة بقائها مدة كافية فى أحواض تعادل لتخفيض درجة حرارتها قبل دخولها أحواض التنقية . ولدرجة تركيز الأيون الأيدروجينى أهميته أيضاً فى التأثير على نشاط البكتيريا وتعتبر درجة ق يد (٧) أى التعادل مناسبة للتنقية البكتيرية .

أما المواد السامة كالأحماض والقلويات وكثير من الأملاح الذائبة فإنها قد تفسد عملية التنقية مؤقتاً أو بصفة مستديمة . ولذا فإنه يلزم معالجة مثل هذه المواد وذلك بمعادلتها وترسيبها أو بأى طريقة أخرى قبل صرفها إلى أحواض التنقية الحيوية . وقد لوحظ فى كثير من الحالات إن إضافة بعض المواد العضوية السامة مثل مركبات الفينول على دفعات صغيرة بالتدريج لم يضر بالبكتيريا كثيراً . بل أكسبها مناعة ضد هذه المواد بحيث لم تعد تتأثر بها .

طريقة التنقية بالبكتيريا الهوائية :

١ — الترشيح بأنواعه .
٢ — تنشيط الحمأة .
٣ — التنقية فى المستنقعات المائية المكشوفة.

١ — الترشيح الحيوى :

تعتبر هذه الطريقة من أنسب الطرق لمعالجة متخلفات الصناعة وذلك كمرحلة ثانية من مراحل التنقية وجدير بالذكر هنا أن الترشيح الحيوى ليس عملية فصل المواد العالقة خلال مسام المرشح كما يبدو من التسمية وكما هو الحال فى مرشحات المياه مثلا . وإنما هى عملية فنية تتساقط فيها مياه المجارى أو متخلفات الصناعة خلال طبقة صناعية من الزلط أو أى مادة مسامية مماثلة حيث يمر تيار من الهواء وحيث تعيش البكتيريا والكائنات الحية .

نظرية التنقية :

تتلخص الفكرة الأساسية لعملية الترشيح فى أن الكائنات الحية التى تنمو على أسطح الزلط (أو مادة الترشيح المستعملة) على هيئة طبقة جيلاتينية — تلتهم المواد العضوية الذائبة بمياه المجارى أو متخلفات الصناعة فتستخدمها كغذاء وفى نفس الوقت تحولها بفعل الأنزيمات والأكسدة إلى مواد متطايرة مثل النيتروجين وثانى أكسيد الكربون والنشادر وبخار الماء . وإلى خلايا ذات أنسجة يسهل فصلها بالترسيب .

التهوية :

تتم عملية التهوية بمرور تيار من الهواء الجوى خلال طبقة الترشيح ويختلف اتجاه مرور هذا التيار من أعلى إلى أسفل أو من أسفل إلى أعلى باختلاف درجة حرارة السائل والهواء الجوى فإذا كان الهواء أبرد من السائل يكون اتجاه تيار الهواء من أسفل إلى أعلى . وهذا يحدث فى أيام الشتاء والليالى الباردة . أما إذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة السائل فإن اتجاه التيار يكون من أعلى إلى أسفل . وقد تستعمل التهوية الصناعية فى الحالات الآتية :

١ — فى المرشحات المغطاة .

٢ — المرشحات العميقة .

٣ — المرشحات التى تعالج متخلفات صناعية شديدة التلوث وتحتاج إلى كميات كبيرة من الأكسجين .

أجزاء المرشح :

يتكون المرشح من الأجزاء الرئيسية الآتية :

١ — طبقة الترشيح وهذه قد تكون من البازلت أو الزلط ذى شكل الكروى لإمكان الحصول على توزيع منتظم للفراغات خلال طبقة الترشيح . وتجنيب استعمال الزلط المدبب وتختلف الأحجام حيث يتسبب عن استعماله تقليل الفراغات التى تستعمل للتهوية كما يتجنب استعمال الأحجار المحتوية على نسبةعاليةمن الحجر الجيرى خصوصاً فى المرشحات التى تعالج متخلفات حمضية نظراً لأنها تتفاعل مع كربونات الكالسيوم (الحجر الجيرى) وجدير بالذكر أنه يجب تجنب الأحجار الجيرية حتى لو كانت المياه لا تحتوى على أحماض نظراً لأن عملية أكسدة المواد العضوية بواسطة البكتيريا الموجودة على أسطح الزلط قد يتخلف عنها أحماض عضوية تتلف مادة الترشيح الجيرية .

وتتراوح حجم قطع الزلط بين ١½ إلى ٣½ بوصات ويتوقف حجم قطع الزلط على نوع المياه المراد تنقيتها فإذا كانت محتوية على نسبة عالية من المواد العالقة (فى حالة ما إذا استغنى عن الترسيب) فإنه يحسن استعمال الزلط كبير الحجم وذلك لمنع انسداد المرشح .

وتتراوح عمق طبقة الترشيح بين ١٫٨٠ ، ٢٫٤٠ متر . ويكون المرشح دائرى الشكل فى أغلب الحالات . وذلك لقلة تكاليفه وسهولة تشغيله وتبنى حوائط المرشح من الطوب أو المبانى أو الخرسانة ونادراً ما تكون المرشحات بدون حوائط حيث يسمح للزلط أن يأخذ إنحداره الطبيعى بما يتطلب مسطحات أكبر دون الاستفادة من الزيادة فى المسطح المتخلفة عن هذا الإنحدار فى عملية التنقية .

٢ — جهاز توزيع المياه الخام :

الغرض الأساسى من هذه الأجهزة هو ضمان توزيع المياه الخام توزيعاً منتظماً علىسطح المرشح . وأحدث الطرق المستعملة لهذا الغرض هى الموزعات الدوارة التى يمكن تشغيلها ذاتياً بضغط المياه الداخلة إلى المرشح أو بواسطة محرك خاص إذا لم تسمح المناسيب بالتشغيل الذاتى .

٣ — أرضية المرشح :

يجب أن تراعى الدقة التامة فى تصميم وتنفيذ أرضية المرشح وقنايا التهوية إذ هى أساس نجاح عملية التنقية فتنشأ الأرضية من الخرسانة المسلحة على أساس سليم كما يراعى ألا يقل إنحدار الأرضية نحو قناة التصريف عن ٠٫٥٪ وتتكون قنايا التهوية فى المرشحات الحديثة من بلاطات جاهزة الصب ترتكز على أعمدة قصيرة بحيث تسمح بمرور الهواء إلى داخل المرشح والمياه المنصرفة إلى خارج الرشح . وتصمم هده المصارف على أساس تخصيص نصف المساحة لمرور الهواء بسرعة تتراوح بين ٠٫٦٠ ، ٠٫٩٠ متر فى الثانية .

أنواع المرشحات :

تنقسم المرشحات إلى نوعين أساسيين من حيث كمية المياه ودرجة تلوثها .

(ا) المرشحات ذات المعدل المنخفض وتصمم على تصرف يتراوح بين ١ ، ٣ متر مكعب لكل متر مسطح من طبقة الترشيح فى اليوم ولتحديد مكعب الزلط المطلوب وبالتالى عمق المرشح يؤخذ معدل يتراوح بين ١٠٠ ، ٤٠٠ جرام B.O.D. فى اليوم لكل متر مكعب من طبقة الترشيح .

(ب) المرشحات ذات المعدل المرتفع .

وهى الأكثر ملاءمة لمعالجة متخلفات الصناعة وتصمم على تصرف يتراوح بين ٧ ، ٤٠ م^{٣} فى اليوم لكل متر مسطح من طبقة الترشح ومن ٤٥٠ إلى ٥٠٠٠ جرام فى اليوم لكل متر مكعب من طبقة الترشيح .

مقارنة بين المرشحات ذات المعدل المنخفض وذات المعدل المرتفع :

تستخدم المرشحات ذات المعدل المنخفض لمعالجة المياه

المتخلفة من مجموعات صغيرة من السكان حيث لا يحتاج الأمر إلى إشراف فني دقيق أو صيانة مستمرة كما تنعدم الحاجة إلى استخدام التيار الكهربائي خصوصاً إذا أمكن سير المياه بالإنحدار الطبيعي ومن مزايا هذه المرشحات أيضاً أن كمية الحمأة المتخلفة تقل كثيراً عنها في المرشحات ذات المعدل المرتفع وذلك نتيجة أكسدة أغلب المواد العضوية وتحويلها إلى مركبات متطايرة ومن مساوئها أنها تتطلب مساحات شاسعة مما يزيد في تكاليف الإنشاء كما أنها كثيرة التعرض للانسداد وتوالد الذباب على سطح المرشح .

إعادة التصرف :

أهم ما يميز المرشحات ذات المعدل المرتفع عن المرشحات ذات المعدل المنخفض هو إعادة جزء من المياه بعد خروجها من المرشح وخلطها بالمياه الخام الواردة إليه . ولهذه العملية عدة مزايا أهمها :

١ — تزويد المياه الخام بالكائنات الحية المسئولة عن عملية التنقية .

٢ — تخفيف المياه الواردة وبالتالي تسهيل عملية التنقية .

٣ — تخفيف درجة تركيز المواد السامة إن وجدت .

٤ — إذا أضيفت المياه المعادة إلى مياه المجاري الخام قبل دخولها أحواض الترسيب الإبتدائي فإنها تصلح من حالة التعفن التي قد تطرأ على المياه نتيجة تخزينها مدة طويلة . كما أنها تعوض التصرفات المنخفضة أثناء الليل وبالتالي تجنب بقاء المياه مدة طويلة في الأحواض .

٥ — يعتبر خلط المياه المعادة بالمياه الواردة إحدى الوسائل الفعالة لتخفيض درجة حرارة المياه الساخنة .

والشكلين رقم ٤ ، ٥ يبينان كيفية استخدام المياه المعادة في عملية تنقية يستخدم فيها الترشيح على مرحلتين (نشر بالعدد الثاني) .

تطبيقات عملية :

من أمثلة الصناعات التي تعالج متخلفاتها بالترشيح الحيوي هي صناعة الألبان . وتعبئة العلب . والمدابغ .

١ — متخلفات مصانع الألبان :

وتشمل السوائل المنصرفة من وحدات تعبئة اللبن في الزجاجات ووحدات صناعة منتجات الألبان كالجبن واللبن المجفف وتمتاز هذه المتخلفات باحتوائها على نسب ضئيلة من المواد العالقة إذ أن أغلب المواد العضوية كالسكريات والبروتينات والدهنيات تكون في حالة غروية أي شبه ذائبة Colloidal Solution ولذا فإنه قد يستغنى عن عمليتي التصفية والترسيب أو إذا لزم الأمر فقد تستعمل المصافي ذات الفتحات الضيقة لحجز ما يمكن حجزه من المواد الدقيقة ونظراً لأن متخلفات الألبان سريعة التحلل والتعفن فإنه يلزم تهوية أحواض التخزين وأحواض التعادل بصفة مستمرة لمنع تعفن المياه قبل معالجتها في المرشحات . وتستعمل المرشحات ذات المعدل المنخفض لتنقية المياه التي لا تتجاوز معدل الأكسجين الحيوي لها ٨٠٠ جزء في المليون وتكون طبقة الترشيح من زلط يتراوح حجمه بين ١ ½ ، ٢ ½ بوصة وبعمق يتراوح بين ٦ ، ٨ أقدام ومعدل التصرف ١ متر مكعب من المياه لكل متر مسطح من المرشح في اليوم . وقد أمكن بهذه الطريقة تخفيض معدل الأكسجين الحيوي بنسبة ٧٠٪ وقد تستعمل طريقة الترشيح على مرحلتين إذا لزم الأمر وكانت درجة نقاوة المياه الخارجة عالية نسبياً .

أما إذا كانت درجة التلوث العضوي للمياه المطلوب تنقيتها مرتفعة نسبياً (حوالي ٣٠٠٠ جزء في المليون) فتستعمل المرشحات ذات المعدل المرتفع بمعدل يتراوح بين ٥ ، ١٠ متر مكعب من المياه لكل متر مسطح من المرشح في اليوم ، ٢٠٠٠ جرام B.O.D. لكل متر مكعب من المرشح في اليوم وبهذه الطريقة يمكن تخفيض معدل الأكسجين الحيوي الممتص بنسبة ٨٥ — ٩٥٪ .

٢ — متخلفات مصانع التعبئة :

يختلف تكوين هذا النوع من المتخلفات باختلاف نوع الخضروات أو الفواكه المطلوب تعبئتها في العلب . ولكنها

تتشابه من حيث إحتوائها على نسبة عالية من المواد العضوية الذائبة والغروية مما يجعل عملية التنقية فى المرشحات الميكانيكية من أنجح الوسائل لهذا الغرض . وقد تستعمل المرشحات ذات المعدل المنخفض واحد متر مكعب من المياه لكل متر مسطح من المرشح فى اليوم وهذه تزيل من ٤٠ إلى ٨٠٪ B.O.D. وإذا استعملت المرشحات ذات المعدل الرتفع فتصمم على ١٠ — ٢٠ متر مكعب من المياه لكل متر مسطح من المرشح فى اليوم . وتعتبر عملية الترسيب الإبتدائى عملية أساسية لتنقية هذا النوع من المياه نظراً لاحتوائها على مواد صلبة وعالقة بنسب عالية .

٣ — متخلفات المدابغ :

قد تستعمل المرشحات الميكانيكية لمعالجة متخلفات المدابغ ولكن بشروط معينة :

(ا) أن يسبق عملية الترشيح عملية تصفية وترسيب عادى أو باستخدام الكيماويات :

(ب) ضرورة استخدام الزلط ذى الحجم الكبير لتفادى إنسداد المرشحات مما تحمله المياه من بقايا الشعر والجلد والشحم .

(حـ) ضرورة معادلة المياه نظراً لارتفاع قلويتها .

وإذا لم يتيسر ذلك فتوقف العملية عدة مرات لترويض الميكروبات وإكسابها مناعة ضد القلوية العالية وتفيد الماء العائدة Recirculated فى التخفيف من حدة هذه القلوية التى قد تعطل نشاط البكتيريا .

٤ — تنشيط الحمأة :

لا تختلف عملية التنقية بطريقة تنشيط الحمأة كثيراً من التنقية بطريقة الترشيح الحيوى وذلك من حيث المبدأ . فكلاهما يعتمد على البكتيريا الهوائية فى أكسدة المواد العضوية المسببة للتلوث وتحويلها إلى مركبات بسيطة يسهل التخلص منها دون ضرر . ولكنهما يختلفان فى طريقة ونظرية التشغيل حيث لا يحتاج الأمر إلى توزيع المياه بمعدل معين كما فى المرشحات بل ترد المياه إلى الأحواض دفعة واحدة ويصير تهويتها بنفخ الهواء من أجهزة خاصة توجد داخل الحوض ذاته . وبالتالى تقليب محتويات الحوض وإعطاء الفرصة للبكتيريا للحصول على الأكسجين اللازم لها لمزاولة نشاطها لأكسدة المواد العضوية وتكوين خلايا جديدة تظل عالقة بالمياه وتساعد فى عملية التنقية .

وصف عام لعملية التنقية :

تبدأ العملية بالترسيب الابتدائى لترسيب ما يمكن ترسيبه من المواد العالقة المحتوية على تلوث عضوى . وهذا بلاشك تخفض درجة B.O.D. مما يخفف العبء على أحواض التهوية . ثم تدخل المياه المرسبة أحواض التهوية فتمكث عدة ساعات يتم فيها « أكسدة » المواد العضوية بواسطة البكتريا النوائية وتكوين خلايا جديدة لا تلبث أن تتجمع على شكل قطع أسفنجية تعرف باسم « الحمأة المنشطة » ومن حوض التهوية يخرج خليط من المياه والحمأة إلى حيث يتم فصل الحمأة فى حوض الترسيب النهائى . ويرفع جزء من هذه الحمأة المنشطة ويخلط بالمياه قبل دخولها أحواض التهوية مباشرة وذلك لإمدادها بالبكتيريا التى تكون فى حالة نشطة تمكنها من أداء وظيفتها وإنعاش الكائنات الحية الأخرى الواردة مع المياه الخام والتى قد تكون فى حالة خمول .

تطبيقات عملية :

١ — متخلفات ومصانع الورق : أسفرت التجارب التى أجريت لمعالجة المياه البيضاء المختلفة من صناعة الورق بطريقة تنشيط الحمأة بالهواء المضغوط عن تخفيض معدل الأكسجين الحيوى الممتص (٤٣٣٠ جزء فى المليون) بنسبة ٩٥ — ٩٧ ٪ بعد تهوية أستمرت ٢٢ ساعة وقد نتج عن هذه العملية حمأة أمكن ترسيبها بسرعة وسهولة . وقد استعمل فى هذه التجربة معدل B.O.D. يتراوح بين

١٣٥ و ٣٠٠ رطل فى اليوم لكل ١٠٠٠ قدم مكعب من سعة الحوض .

٢ — متخلفات معامل تكرير البترول : نجحت جميع تجارب تنشيط الحمأة بالهواء المضغوط لمعالجة المتخلفات البترولية المحتوية على الهيدروكربونات Hydrocarbons والفينول والأحماض الدهنية ومركبات النيتروجين والكبريت بعد تهوية استمرت ٩ إلى ١٢ ساعة وكانت عينة المياه المستعملة تحتوى على نسبة من المواد العالقة تتراوح بين ٤٠٠٠ ، ٥٠٠٠ جزء فى المليون كما بلغ معدل الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D. ١١٠٠ جزء فى المليون ونسبة الفينول ١٠٠ جزء فى المليون وقد أمكن فى هذه التجربة التخلص من ٩٠ — ٩٥٪ من B.O.D. ، ٩٠ — ٩٥٪ من الفينول وقد وجد أنه من الضرورى وجود الفوسفات بنسبة ١١ جزء فى المليون . والنشادر (لاحتوائه على النيتروجين) بنسبة ١٩ جزء فى المليون على الأقل لحاجة البكتيريا لهذين العنصرين فى عمليتى البناء والأكسدة .

٣ — المتخلفات المحتوية على مواد مشعة : وهذه يمكن معالجتها بطريقة تنشيط الحمأة نظراً لشدة قابلية المواد المشعة للتجمع حول ذرات الحمأة وبالتالى إمكان فصلهما معاً بسهولة وقد أسفرت إحدى التجارب إزالة ٩٩٪ من مادة البلوتونيوم Plotonium حيث كانت نسبته فى المياه الخارجة ٠٫٠٠١ ميكروجرام فى اللتر . وهى نسبة مسموح بصرفها دون ضرر . ويحتاج الأمر إلى إضافة مواد عضوية لتغذية البكتيريا . ويستعمل لهذا الغرض مياه المجارى العادية أو أى مادة غذائية أخرى كالدقيق أو المعادن الغذائية .

٤ — متخلفات أخرى : من الصناعات التى تعالج متخلفاتها بطريقة تنشيط الحمأة صناعات الألبان والتعبئة فى العلب . والمتخلفات المحتوية على مادة الفينول .

التنقية البيولوجية غير الهوائية :

يمكن التخلص من المواد العضوية فى المياه المتخلفة من الصناعة بتفكيكها إلى مواد أبسط منها وذلك بواسطة البكتيريا غير الهوائية وهى التى تؤدى وظيفتها فى وسط خالى من الهواء أو الأكسجين وتختلف النواتج النهائية للمواد العضوية بعد تنقيتها بهذه الطريقة عن المواد الناتجة من عملية التنقية الهوائية (بواسطة البكتيريا الهوائية التى سبق شرحها) فمثلا تتحول ذرات الكربون فى عملية التنقية غير الهوائية — إلى غاز الميثان ك يد٤ بدلا من تحولها إلى غاز ثانى أكسيد الكربون (ك ا٢) فى عملية التنقية الهوائية ، كما يتحول النيتروجين إلى نشادر (ن يد٣) أو يتصاعد على هيئة غاز ن٢ بدلا من تحوله إلى نترات (ن ا٣) أو نيتريت (ن ا٢) وتميل مركبات الكبريت إلى تكوين كبريتيد الأيدروجين (يد٢ كب) بدلا من تكوين ثانى أكسيد الكبريت (كب ا٢ أو أيونات الكبريتات (كب ا٤) .

وأهم ما يميز هذه العملية تصاعد غازات لها رائحة نفاذة مثل كبريتيد الأيدروجين والنشادر وغازات قابلة للاحتراق مثل غاز الميثان وغاز الأيدروجين .

ومن مميزاتها أنها لا تحتاج إلى مسطحات كبيرة إذ يمكن للبكتيريا أن تعمل بكفاءة تامة فى أحواض مقفولة وبأعماق كبيرة طالما أنها ليست فى حاجة إلى أكسجين أو تهوية . ورغم أن تكاليف التنقية غير الهوائية أقل بكثير من تكاليف التنقية الهوائية . إلا أنها غير مستحبة نظراً لأن المياه الخارجة منها لا تكون على درجة عالية من النقاوة حيث تكون قاتمة اللون ذات رائحة ويبلغ معدل الأكسجين الحيوى لها بضع مئات .

مقارنة بين التنقية الهوائية وغير الهوائية من حيث النواتج النهائية :

أهم المواد الثابتة البسيطة التى تتحول إليها المواد العضوية فى عملية التنقية الهوائية هى ثانى أكسيد الكربون والمياه والنترات والنيتريت وأيونات الكبريتات وتتراوح نسبة المواد الصلبة فى الحمأة من ٦٠ — ٧٠٪ من الوزن الأصلى للمواد العضوية فى المياه الخام وتتكون من كائنات حية

ميكروسكوبية ملحق بها ما أمكن اجتذابه من المواد العالقة والغروية .

أما فى التنقية غير الهوائية فإن أهم المواد الغازية المتخلفة غاز الميثان الذى يمثل ٦٠ — ٧٥٪ من مجموع الغازات . وباقى الغازات هى الأيدروجين وثانى أكسيد الكربون وحوالى ٥٪ غازات أخرى ، ولا تزيد نسبة المواد الصلبة عن ٤٠٪ من الوزن الأصلى للمواد العضوية .

وقد نجحت الدراسات التى أجريت فى المعامل وفى الوحدات التجريبية وفى الطبيعة — لمعالجة متخلفات بعض الصناعات بالطريقة غير الهوائية .

ومن أمثلتها : متخلفات مصانع الألبان . عمليات كشط الصوف . مصانع مضادات الحيويات كالبنسلين ومشتقاته Antibiotics تعبئة اللحوم ومعامل التقطير .

تخمير الحمأة :

تعتبر عملية تخمير الحمأة أحدى الطرق الهامة التى تعتمد على التنقية غير الهوائية وهى تستخدم فى عمليات التنقية التى تعالج مياه المجارى أو المتخلفات الصناعية إذ ترفع إليها الحمأة المتخلفة من أحواض الترسيب نظراً لاحتوائها على مواد عضوية على درجة عالية من التركيز وتتخلص فوائد التخمير فى النقط الآتية :

١ — الحصول على حمأة عديمة الرائحة تقريباً لانخفاض نسبة المواد العضوية بها .

٢ — التقليل من كمية الحمأة المطلوب تجفيفها مما يخفض تكاليف العملية .

٣ — الحصول على حمأة سريعة الجفاف

٤ — الحصول على غازات يمكن استغلالها كوقود لإدارة بعض الآلات .

٥ — الحصول على حماة خالية تقريباً من الدهنيات والمواد الأخرى الضارة بالزراعة . وبالتالى إمكان استعمالها كسماد زراعى .

أحواض تخمير الحمأة :

وهى عبارة عن أحواض ضخمة تتسع لتصرف يتراوح بين شهر وثلاثة أشهر من الحمأة الراسبة فى أحواض الترسيب. وأنواعها كثيرة فمنها ما يحتوى على جهاز تقليب سريع أو بطىء أو قد لا يكون هناك أى تقليب بالمرة ومنها ما تسخن محتوياته ومنها ما يعمل فى درجات الحرارة العادية . ومن دواعى الاقتصاد عمل الاحتياطات اللازمة لعدم تسرب الغازات من الحوض دون الاستفادة منها . كما يراعى التخلص أولا بأول من طبقة الخبث الطافى فوق سطح الماء فى الحوض وذلك بتكسيرها بجهاز خاص وخلطها بمحتويات الحوض . ويفيد تقليب محتويات الحوض فى ضمان وصول المواد الغذائية إلى البكتيريا فى جميع أجزاء الحوض كما يحقق توزيعاً منتظماً لها . . الأمر الذى يترتب عليه عدم وجود أجزاء خامة فى الحوض كما يسهل عملية تصاعد الغازات. ومن عيوب التقليب — بالإضافة إلى التكاليف — صعوبة — وربما إستحالة فصل الحمأة عن المياه فصلا تاماً وبالتالى فإن المياه المنصرفة من الحوض لا تكون على درجة عالية من النقاوة لاختلاطها بذرات الحمأة .

وللتغلب على هذه الصعوبة ينشأ حوضين أحدهما تتم فيه عملية الأكسدة وسائر العمليات البيولوجية الأخرى مع تقليب محتويات الحوض بصفة مستمرة . ومن هذا الحوض تتصاعد الغازات التى يمكن جمعها وتصريفها من أعلى الحوض إلى حيث يصير استعمالها أما الحوض الثانى فهو لاستكمال التخمير وتتم فيه عملية فصل الحمأة عن المياه بالترسيب الهادىء الذى لا يعطله أى تقليب . وبالتالى إمكان فصل المياه والحمأة كل على حدة وبالنقاوة المطلوبة وتسمى هذه العملية « بالتخمير على مرحلتين Two stage » وهى شائعة الاستعمال فى العمليات الكبرى .

ومن خواص الحمأة جيدة التخمير أن يكون لونها بنى أو

أسود بلا رائحة نفاذة ومن أهم مميزاتها أن قابليتها للاحتفاظ بالماء تقل كثيراً عن الحمأة الخام (raw-undigested sludge) وبالتالى سهولة فصل الماء عنها بالترشيح أو فى أحواض التجفيف والحصول على حمأة جيدة لتسميد الأراضى الزراعية لإحتوائها على كمية كبيرة من المواد المعدنية الغذائية .

التسخين :

تتراوح درجة الحرارة فى كثير من أحواض تخمير الحمأة بين ٢٧° ، ٣٥° مئوية . والكائنات الحية التى تعمل فى مثل هذه الظروف تسمى الكائنات الحية متوسطة الحرارة Mesophilic mediumtemp. .

وقد وجد أن العملية تسير بكفاءة عالية كما أن الغازات تتصاعد بكميات لا بأس بها . وتكون محتويات الحوض فى حالة تعادل وأخف رائحة مما لو استخدمت درجات حرارة أقل من المعدلات سالفة الذكر . ونادراً ما يحتاج الأمر إلى رفع درجة الحرارة إلى أكثر من ٤٥ مئوية لذلك لأنه برغم أن العمليه تسير بكفاءة أعلى وأسرع إلا أن المعدل السريع الذى تتصاعد به الغازات تسبب أثار محتويات الحوض وبالتالى صعوبة فصل الحمأة عن المياه والحصول على مياه على درجة عالية من النقاوة . والكائنات الحية التى تعمل فى هذه الظروف تسمى الكائنات الحية عالية الحرارة Thermophilic

ويقتصر استعمال هذه الطريقة (أى درجات الحرارة المرتفعة) على قليل جداً من متخلفات الصناعة وذلك مثل متخلفات مصانع البيرة .

طرق التسخين :

لتسخين محتويات أحواض التخمير عدة طرق ولكن هناك طريقتان هما أكثر استعمالا من غيرها وهما :

١ — التسخين باستعمال الأنابيب الحلزونية داخل الحوض .

٢ — التسخين باستعمال المبادل الحرارى خارج الحوض .

وقد سبق شرح هاتين الطريقتين كما سبق الإشارة إلى عيوب الطريقة الأولى من حيث تعرض الأنابيب للتآكل واحتمال ترسيب الحمأة حول جدرانهما وصعوبة الوصول إليها إلا بعد تفريغ الحوض بأكمله وتعطيل العملية ولهذه الأسباب يفضل التسخين بواسطة جهاز تسخين خارجى External heat exchanger .

درجة (ق يد) :

تعتبر درجة تركيز الأيون الأيدروجين لمحتويات حوض التخمير من أهم العوامل المسئولة عن حياة الكائنات الحية وعليها يتوقف نشاطها من عدمه . إذ لو هبطت هذه الدرجة إلى أقل من ٦٫٥ لتحولت محتويات الحوض إلى سائل حمضى يشمل حركة البكتيريا ويوقف إفرازاتها وتفاعلاتها مع المواد العضوية ومن أهم العوامل التى تسبب خفض درجة ق يد عن المعدل المعقول وهو (٧) . إدخال الحمأة الخام بكميات كبيرة إلى حوض التخمير . ولذا فإنه يجب ألا يزيد التصرف اليومى المرفوع إلى حوض التخمير عن ٥٪ من سعة الحوض وبشرط أن تضاف على دفعات صغيرة حتى يتسنى خلطها جيداً مع محتويات الحوض . وتعالج الحمضية الزائدة بإضافة الجير لرفع درجة ق يد .

سعة الحوض :

تتوقف مدة المكث على نوع المواد العضوية وخواصها ودرجة قابليتها للتحلل . وتتراوح بين شهرين وثلاثة أشهر فى حالة التخمير على مرحلة واحدة .

أما فى التخمير على مرحلتين فتكون هذه المدة ٢٠ أو ٣٠ يوم فى حوض التخمير الأولى ومن ٦٠ إلى ٨٠ يوم فى

الحوض الثانوى . وتتراوح سعة الحوض بين ٢,٥ ، ٥ قدم مكعب للشخص الواحد . وهذه تتوقف على درجة الحرارة وعلى نوع الحمأة المطلوب تخميرها (تزداد السعة فى حالة الباردة أو المنشطة أو المحتوية على متخلفات صناعية) .

الغازات المتصاعدة :

تقدر كمية الغازات المتخلفة عن معالجة الحمأة فى أحواض التخمير بحوالى ١٥ — ٢٠ قدم ٣ لكل رطل من المواد المتحللة ومن هذه الكمية حوالى ٦٠ — ٧٠٪ ميثان ، ٢٥ — ٣٠٪ ثانى أكسيد الكربون وتبلغ القيمة الحرارية لهذه الغازات ٥٠٠ — ٨٠٠ وحدة حرارية بريطانية B.T.U. لكل قدم مكعب من الغاز . ويستعمل هذا الغاز أما كوقود لإدارة آلات المحطة أو لتسخين محتويات أحواض التخمير .

تطبيقات عملية :

١ — متخلفات مصانع كشط الصوف :

عولجت الحمأة المتخلفة من هذه المياه بنجاح باهر فى أحواض تخمير الحمأة ، وذلك نظراً لإحتوائها على نسبة عالية من الشحم والصابون ففى وحدة تجريبية أنشئت لمعالجة متخلفات تحتوى على ٢٨٠٠٠ جزء فى المليون مواد متطايرة volotile ، ١١٠٠٠ جزء فى المليون شحم ، ١٠٠٠٠ جزء فى المليون B.O.D. وبلغت مدة المكث فى حوض التخمير ٢٠ يوماً وأمكن تخفيض نسبة المواد المتطايرة ٦٥٪ ، من قيمتها الأصلية ، والشحوم ٩٠٪ . وبلغت كمية الغازات ١٤ قدم مكعب لكل رطل من المواد المتطايرة .

٢ — متخلفات مصانع تعبئة الخضروات :

يصير معالجة الحمأة المتخلفة من أحواض الترسيب الأولية وذلك برفعها إلى أحواض التخمير . وقد لوحظ أن هذا النوع من الحمأة سريع التحول إلى الحالة الحمضية . . الأمر الذى يترتب على حدوثه الأضرار بالبكتيريا وكثيراً ما يضاف الجير بين آن وآخر لرفع درجة (ق يد) إلى أكثر من ٦,٥ كحد أدنى .

التخلص من المياه بعد تنقيتها :

من البديهى أنه إذا أمكن تنقية مياه متخلفات الصناعة تنقية كاملة أى ١٠٠٪ فإن التخلص منها بإلقائها فى أى مجرى مائى يكون أمر طبيعى — حتى لو كانت مياه هذا المجرى تستعمل للشرب أو لأى غرض آخر . ولكن التنقية إلى هذه الدرجة تكاد تكون مستحيلة وباهظة التكاليف ولذا فإنه يتحتم إيجاد طريقة مناسبة للتخلص من متخلفات الصناعة بعد تنقيتها إلى درجة معقولة سواء كانت سائلة وصلبة أو غازية ، ولعل أنسب الطرق المعروفة هى إعادة استعمال هذه المتخلفات فى نفس الصناعة أو لأى غرض آخر إذا كان هذا ممكناً وإلا فإن هناك عدة طرق للتخلص من المتخلفات الصناعية بعد تنقيتها . وأهم هذه الطرق :

١ — الصرف فى المجارى المائية (أنهار . ترع . إلخ) .

٢ — الصرف فوق سطح الأرض .

٣ — الصرف فى طبقات تحت سطح الأرض .

٤ — الصرف فى مواسير المجارى .

١ — الصرف فى المجارى المائية :

تعتبر هذه الطريقة من أبسط الطرق للتخلص من المياه بعد خروجها من أحواض التنقية . هذا إذا كانت الأحواض قريبة من هذا المجرى المائى . وإذا تقرر ذلك فإنه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار استعمالات مياه هذا المجرى وتأثير المياه المنصرفة إليه على الاحياء المائية . وبالتالى إمكان تحديد درجة التنقية اللازمة لمياه المجارى قبل صرفها .

وفى المناطق الساحلية — أصبحت الطريقة المثلى للتخلص من المياه والحمأة هى صرفها إلى البحر أو المحيط وقد أجريت عدة تجارب لمعرفة تأثير المتخلفات الحمضية على

مياه سواحل نيويورك ونيوجرس حيث تستقبل هذه المياه ما يقرب من ٤٠٠٠ طن من المتخلفات الحمضية فى اليوم . وتحتوى هذه المتخلفات على كبريتات الحديدوز بنسبة ١٠٪ (١٠٠٠٠٠ جزء فى المليون) وحامض الكبريتيك بنسبة ٨٫٥٪ (٨٥٠٠٠ جزء فى المليون) ولضمان عدم حدوث أى ترسيب أو رجوع المياه إلى الشاطىء مع تذبذب المنسوب تبعاً لحركة المد والجزر . . يكون الصرف على مسافة حوالى ٢٠ كيلو متراً بعيداً عن الشاطىء وعلى عمق ٢٥ متراً . وقد تبين من هذه التجارب إن الأحماض قد اختفى تأثيرها ولم يعد لها وجود وذلك نتيجة التخفيف والتعادل اللذين يتمان بفعل القلوية الطبيعية لمياه البحر .

طريقة الصرف :

يتوقف نجاح الصرف فى المجارى المائية على تصميم ووضع المخرج بالنسبة للمجرى المائى . فمثلا إذا رؤى الإكتفاء بمخرج واحد (سواء ماسورة أو مجرى مكشوفة) وعلى مسافة قريبة من الشاطىء فإن ذلك يترتب عليه عدم خلط المياه جيداً ، بل وظهور تيار مائى ذو لون مميز فى المجرى الأصلى ممتداً إلى مسافة قد تصل إلى عدة أميال . ولذا فإنه من الضرورى توزيع التصرف على عدة مخارج وفى أماكن متباعدة وعلى أعماق مختلفة من المجرى المائى لضمان حسن التوزيع وخلط المياه وتخفيفها بالسرعة والكفاءة اللازمتين . كما يراعى أيضاً إنشاء أحراض تخزين لتوزيع تصرف ٨ ساعات على ٢٤ ساعة . وبالتالى تفادى حدوث فيضان فى مياه المجرى وتخفيض تركيز المياه المنصرفة لتوزيعها على ساعات اليوم .

معالجة مياه المجرى :

قد يتطلب الأمر معالجة مياه المجرى المائى الذى تصرف إليه مياه متخلفات الصناعة بعد خروجها من أحواض التنقية . وذلك كمرحلة نهائية من مراحل عملية التنقية . وغالباً ما يكون ذلك ضرورياً عند الصرف فى الأنهار إذ تحتاج إلى تهوية مستمرة لتزويد مياه النهر بالأكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية . وكثيراً ما تضاف نترات الصوديوم كمصدر للأكسجين يمنع توالد البكتيريا اللاهوائية وحدوث تحلل للمياه يتخلف عنه روائح كريهة . كما يضاف الكلور لمنع أو تأخير تعفن المياه وذلك لحين تخفيفها واختلاطها بمياه المجرى المائى وبالتالى الحصول على الأكسجين اللازم لها .

٢ — الصرف فوق سطح الأرض :

تعتبر هـــذه الطريقة من أنجح الطرق للتخلص من المتخلفات السائلة من الصناعات الغذائية فى المناطق القروية . وقد وجد أن هذه الطريقة من أرخص الطرق وأكفأها بعد عدة دراسات ومقارنات بينها وبين الطرق الأخرى . وذلك فيما يختص بمتخلفات مصانع التعبئة والألبان واللحوم . إذ يصير توزيع المياه على مسطح من الأرض فيتسرب جزء منها ويتبخر جزء آخر . وقد تستعمل لرى بعض المحاصيل .

٣ — الصرف تحت سطح الأرض :

تتم عملية صرف المياه إلى طبقات تحت سطح الأرض بضغط المياه فى مواسير رأسية تمتد إلى العمق الكافى الذى يمنع اختلاط هذه المياه بالمياه تحت السطحية المستعمله للشرب ويحسن فى مثل هذه الحالات الوصول إلى الطبقات الحاملة للمياه الملحة التى يكون لها إتصال بمياه البحر .

٤ — الصرف فى مواسير المجارى :

تعتبر طريقة الصرف فى المجارى المائية المكشوفة فى المناطق القروية من أنسب الطرق للتخلص من متخلفات الصناعة سواء بدون تنقية أو بعد التنقية . أما فى المدن حيث لا تتوفر هذه المجارى المائية فإن مواسير المجارى تؤدى نفس الغرض بل وغالباً ما تكون هى الوسيلة الوحيدة للتخلص من المياه المتخلفة من بعض الصناعات . وهنا تظهر مشكلة الأضرار التى قد تصيب شبكة مواسير المجارى نتيجة صرف هذه المياه . وقد سبق شرح هذه الأضرار بالتفصيل . وهى

عبارة عن أضرار تصيب الإنسان نتيجة احتواء هذه المتخلفات على غازات سامة وخانقة . وتآكل فى المواسير وأحواض التنقية . وتعطيل لعملية التنقية البيولوجية لاحتواء المياه على موارد سامة تؤثر على نشاط البكتيريا بأنواعها وامتلاء المواسير وفيضان أحواض التنقية عند صرف كميات كبيرة من المياه . ولتلافى حدوث مثل هـذه الأضرار وضعت عدة شروط لا بد من توافرها قبل السماح بصرف متخلفات الصناعة فى مواسير المجارى . مثل ذلك الشروط التى وضعها الهيئة المشرفة على أعمال المجارى بولاية ميتشجان بالولايات المتحدة الأمريكية وهى كالآتى :

(ا) السوائل القابلة للاشتعال :

يمنع منعاً باتاً صرف المواد القابلة للانفجار أو الإشتعال والتى تقل درجة إشتعالها عن ٨٦ درجة مئوية ، كما يحظر إلقاء الزيوت المعدنية والمواد القابلة للاحتراق فى مواسير المجارى .

(ب) المواد الصلبة والقابلة للترسيب :

تقل كمية المواد الصلبة كبيرة الحجم كالورق والخرق وخلافه فى متخلفات الصناعة عنها فى مياه المجـارى العادية . ولذا فإن شبكات مواسير المجارى غالباً ماتصمم بحيث تستوعب مثل هـذه المواد وبالتالى فلا خطر يذكر من وجودها فى إحدى متخلفات الصناعة المطلوب صرفها فى مواسير المجارى ومع ذلك فإنه من الأفضل دائماً التخلص من المواد الصلبة كبيرة الحجم بواسطة المصافى . وتنص اللوائح على ضرورة عدم إحتواء المياه على مواد غير قابلة للذوبان تحجز على منخل قياسى رقم ٨ أو التى يزيد أحد أبعادها عن نصف بوصة . كما تحرم هذه اللوائح أيضاً إلقاء المواد غير القابلة للذوبان التى يزيد وزنها النوعى عن ٢٫٦٥ (مثل رمل الكوارتز) نظراً لسرعة قابلية مثل هذه المود للترسيب فى مواسير وتجمعات المجارى .

(حـ) الأحماض :

نظراً لما تسببه الأحماض من تآكل المنشئات فإنه يحظر إلقاء المتخلفات الحمضية قبل معادلتها بحيث لا تقل قوة تركيز الأيون الأيدروجينى عن ٥٫٦ .

(ى) المواد السامة :

يجب ألا تحتوى المياه على غازات أو أبخرة بالتركيز الذى يجعلها مادة سامة تسبب أخطاراً للانسان أو الحيوان . كما يجب ألا تحتوى على أى مواد مقلقة تشـكل خطراً على الصحة العامة والأمن . وحددت المواصفات نسب بعض المواد التى يمكن أن يسمح بإلقائها فى مياه المجارى دون حدوث خطر يذكر فمثلا لا تزيد نسبة الفينول عن ٥ جزء فى البليون والحديد ٥ جزء فى المليون والنحاس ٣ جزء فى المليون فى مياه المجارى التى ستعالج بالتنقية الجزئية وبدون أحواض تخمير . أما فى الحالات الأخرى أى التنقية الـكامله فيجب ألا تزيد هذه النسبة عن ١ جزء فى المليون . ولا تزيد نسبة الـكروم عن ٥ جزء فى المليون فى حالة التنقية الجزئية أو ٣ جزء فى المليون للتنقية الـكاملة . ويجب ألا تزيد نسبة السيانيد عن ٢ جزء فى المليون أما فيما يختص بالمعادن الثقيلة كالنيكل والزنك فهناك اختلافات عديدة بين اللوائح حول النسب التى يمكن أن يسمح بها — وكل ذلك يتوقف على الظروف المحلية لـكل عملية تنقية

(هـ) اشتراطات أخرى :

من الأمور التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبـار تزايد التلوث العضوى والمواد العالقة وارتفاع درجـة الحرارة . فيحرم الصرف فى مواسير المجارى إذا زادت نسبة الـكلور المطلوب عن ١٥ جزء فى السليون . كما يحرم صرف المواد العالقة التى ترفع درجة اللزوجة النوعية إلى أكثر من ١٫١ ويجب ألا تزيد درجة الحرارة عن ٦٥ درجة مئوية . ويحرم صرف الحمأة المتخلفة من مصانع الاسيتيلين لما لها من قدرة على تكوين غازات قابلة للاشتعال بالإضافة إلى أنها تزيد كمية المواد العالقة الثقيلة .

التخلص من المواد الصلبة :

يمكن تلخيص مصادر المواد الصلبة المتخلفة من أى عملية تنقية فى الآتى :

الحمأة المتخلفة من أحواض التصفية والراسب الرملى وأحواض الترسيب — متخلفات المصافى . متخلفات أحواض فصل الشحوم والزيوت الطافية . أقراص الحمأة ومتخلفات أحواض تجفيف الحمأة . وإذا رؤى التخلص نهائياً من هذه المواد فإن أنسب طريقة لذلك هو دفنها تحت سطح الأرض إلا أنه يتبين فى معظم الحالات ضرورة تقليل حجم هذه المتخلفات بأى طريقة وذلك لغرض الاقتصاد فى التكاليف . ويتم ذلك أما بطحن المواد الصلبة فى أجهزة التقطيع comminutor أو بغسل الحمأة لاستبعاد المواد الذائبة وبالتالى إنقاص حجمها أو بتجفيف الحمأة فى أحواض التجفيف .

طرق تنقية متخلفات بعض الصناعات :

يمكن تقسيم الصناعات المختلفة إلى أربعة أقسام رئيسية حسب تجانس وتشابه هذه الصناعات :

(أ) الصناعات الغذائية .

(ب) الصناعات المعدنية .

(حـ) الصناعات الكيماوية .

(ى) صناعات ذات طابع مخصوص .

(أ) الصناعات الغذائية :

١ — سكر البنجر :

يتخلف عن عملية استخلاص السكر من البنجر كميات هائلة من المياه المحتوية على نسبة عالية من المواد الصلبة والمواد العضوية الذائبة .

وقد وجد أن الاستهلاك اليومى من البنجر فى المصنع يتراوح بين ٧٥٠ ، ٢٠٠٠ طن يوميا حسب حجم المصنع . كما وجد أن كمية الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D. لمتخلفات مصنع يستهلك ١٠٠٠ طن من البنجر يومياً تكافىء كمية الأكسجين الحيوى المتخلف من مجموعة من السكان تتراوح بين ١٢٥٠٠٠ و ٢٣٠٠٠٠ نسمة كما أن العمل فى المصنع يكون موسمياً أى ليس طول أيام السنة وغالباً ما يستغرق الثلاثة شهور الممطرة أو فى أوائل فصل الشتاء . وتقدر كمية المياه التى تستخدم لنقل البنجر من مخازنه إلى المصنع بحوالى ٢٤٠٠ جالون (حوالى ١١ متر مكعب) لكل طن من البنجر وتحتوى هذه المياه على نسبة عالية من المواد العالقة شاملة الرمال والطين وتخلط هذه المياه مع مياه غسيل البنجر لتنقيتها معاً . وتمر هذه المياه على المصافى ذات الفتحات الضيقة ثم أحواض التصفية والراسب الرملى فاحواض الترسيب . ونادراً ما تستعمل الكيماويات المروبة فى أحواض الترسيب وذلك اقتصاداً فى التكاليف . ونظراً إلى أنه يتخلف عن هذه العملية كميات هائلة من المياه فإنه من دواعى الاقتصاد أيضاً إعادة استعمالها حتى لو اقتضى الأمر تعقيمها بالكلور .

وبالنسبة لعمليات التشغيل فإنه يتخلف منها مياه تتراوح كميتها بين ٤٠٠ و ٧٠٠ جالون للطن الواحد من البنجر المستعمل . وتتميز هذه المياه باحتوائها على نسبة عالية من المواد الصلبة العالقة والذائبة وعلى نسبة عالية من الـ B O D وقد وجد أن إضافة الجير كمروب لمدة ٢٠ إلى ٣٠ — دقيقة يؤدى إلى التخلص من ٩٠٪ من المواد الصلبة العالقة ، ٤٥٪ من كمية الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D. وذلك فى أحواض الترسيب الإبتدائية أما المياه المرسبة فيمكن إعادة استعمالها فى نفس العملية .

وبالنسبة لمياه التبريد فإنها تكون على درجة مقبولة من النقاوة ولا تحتاج إلى أحواض تنقية ، ولكن نظراً لأن هذه المياه تكون مرتفعة الحرارة بعض الشىء فإنها تحتاج إلى تبريد قبل إعادة استعمالها ، ومن المتخلفات الأخرى التى

تلتتج من مصانع سكر البنجر الرواسب المحتوية على الجير وهذه غالباً ما تخلط بالمتخلفات السائلة وترفع معها إلى أحواض خاصة حيث تتعرض التنقية الطبيعية بالتهوية والترسيب. وقد استعملت هذه الطريقة فى كثير من مصانع سكر البنجر وإن كان يعيبها تعفن المواد الصلبة والراسبة وتصاعد روائح وغازات من شأنها إثارة الرواسب وتعكير المياه مما يجعلها غير صالحة للاستعمال . ولتلافى هذا العيب يصير كسح الرواسب وتطهير المستنقعات سنوياً . وتستخدم الحمأة المحتوية على رواسب جيرية كسماد زراعى ولتحسين خواص التربة .

٢ — مصانع التعبئة :

يرجع المصدر الرئيسى للمياه المتخلفة من كثير من مصانع التعبئة إلى عمليات غسيل وتنظيف الأطعمة وغسيل الأرضيات . وتحتوى هـذه المياه على نسبة كبيرة من المواد الصلبة . ولذا فإن أنسب طريقة للتخلص من المواد الصلبة هى بالمعالجة فى المصافى كمرحلة تنقية ابتدائية . وكثيراً ما تستعمل المصـافى الهزازة مقاس ١٠ إلى ٢٠ فتحة فى البوصة الطولية . ويلى هذه الخطوة مرحلة الترويق بالترويب، وذلك بإضافة الجير كمروب . وتتبع معظم الوحدات الجارى تشغيلها الآن طريقة الملء والتفريغ لأحواض الترسيب حيث تبين أن هذه الطريقة أفضل من طريقة السيب المستمر فيما يختص بكفاءة الترسيب وتركيز الحمأة . وتبلغ مدة الترويب ٣٠ دقيقة ومدة الترسيب ساعتين . ومدة تصريف الميـاه والحمأة من ١ إلى ١½ ساعة . وتتراوح كمية الجير اللازمة للترويب بين ٥ و ١٠ رطل لـكل ١٠٠٠ جالون مع عامل مساعد من أملاح الحديد أو الألومنيوم أو كلوريد الزنك . وقد وجد أن الحمأة الناتجة من هذه العملية يمكن أن تجف فى مدة وجيزة لا تتجاوز ٥ أو ٧ أيام . وتكون على درجة مقبولة من التخمر .

وجدير بالذكر أن التنقية البيولوجية الهوائية للمياه المتخلفة من مصافى التعبئة تعتبر غير مجدية نظراً لقصر مدة العملية (إذ أنها تتوقف على موسم الخضروات) مما لا يساعد على نمو البكتريا اللازمة لعملية التنقية وإمدادها بالغذاء الـكافى .

وفى المناطق الريفية فإن المتبع غالباً هو التخلص من هذه المتخلفات باستعمالها فى الرى وذلك بعد تخليصها من المواد الصلبة فى المصافى .

وإذا لم تتيسر هذه الطريقة . فتصرف المياه . بعد تصفيتها — إلى منخفضات قليلة العمق حيث يصير تنقيتها طبيعياً . وقد تبين فى بعض الحالات ضرورة إضافة نترات الصوديوم التى تمد المياه بالأكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية ومنع التعفن والروائح الـكريهة .

٣ — مصانع الألبان :

تشمل هذه المصانع وحدات صناعة الجبن والزبد والقشدة ووحدات تجفيف اللبن. ووحدات غسيل الزجاجات والتعبئة ومحطات التوزيع والاستقبال .

وتتكون مخلفات مصانع الألبان عادة من :

(ا) مياه الغسيل .

(ب) الفاقد من اللبن نتيجة التشغيل الردىء والتعبئة بطرق غير فنية .

(ج) المواد المتخلفة من عمليـات التشغيل المختلفة وأهمها الشرش وزبد اللبن .

وتحتوى هـذه المتخلفات على مواد قلوية وكيماويات وغالباً ما تكون المواد المسببة للتلوث فى صورة ذائبة أو غروية . ولذا فإنه لا فائدة من استعمال المصافى أو أحواض الترسيب كمرحلة تنقية ابتدائية . والطريقة المفضلة هى صرف المياه المتخلفة من مصانع الألبان إلى مواسير المجارى . . إذا كانت سعة الشبكة وتصرف المواسير يسمحان بذلك دون حدوث طفح أما إذا لم يتيسر ذلك فإن التنقية البيولوجية فى المرشحات الميكانيكية أو أحواض تنشيط الحمأة تعتبر أنسب الطرق للتنقية . وقد نجحت فكرة استعمال أحواض تجميع المخلفات وتهويتها لإحداث التعادل وتخفيف القلوية الزائدة

لهذه المخلفات . كما تساعد التهوية على تخفيض درجة الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D وفى بعض الحالات يصير إضافة كمية من مياه المجارى إلى مخلفات مصانع الألبان لإمدادها بمختلف أنواع البكتيريا التى تنقصها واللازمة لأكسدة المواد العضوية — ثم معالجتها بعد ذلك فى المرشحات .. أو أحواض تنشيط الحمأة .. وتصرف المياه بعد تنقيتها إلى أى مجرى مائى أو قد تستخدم للرى كما تجفف الحمأة المتخلفة من عملية التنقية فى أحواض التجفيف .

٤ — المتخلفات المحتوية على لحوم :

وتشمل مخلفات المذابح والسلخانات ووحدات تعبئة اللحوم وهى تحتوى على مواد عضوية عالقة وذائبة تسبب ارتفاعاً كبيراً فى كمية الأكسجين الحيوى الممتص B.O.D لأى مياه تختلط بها . وهذه المواد عبارة عن بقايا اللحوم والدم والشحم والشعر . وتبلغ كمية الأكسجين الحيوى لهذه المخلفات حوالى ١٦٥٠٠٠ جزء فى المليون مما يدل على شدة تلوثها العضوى . ولتنقية هذه المخلفات لإمكان صرفها إلى مواسير المجارى أو المصبات المائية . يلزم معالجتها فى المصافى وأحواض الترسيب ويفضل استعمال المروبات الكيماوية لتحسين الترسيب . ونظراً لارتفاع نسبة الشحم والمواد الكافية فإن تزويد الحوض بكاسحة للمواد الطافية يعتبر أمراً ضرورياً لمعالجة مثل هذه المخلفات .

أما مرحلة التنقية الثانية فتتم بنجاح فى المرشحات الميكانيكية إذ أمكن إزالة ٩٥٪ من معدل الأكسجين الحيوى الممتص . ولم تستعمل طريقة تنشيط الحمأة بالهواء المضغوط .. رغم ما تعطيه من نتائج تفوق فيها المرشحات الميكانيكية وذلك نظراً لارتفاع تكاليف إنشائها وصيانتها وما تحتاجه من رقابة مستمرة أثناء تشغيلها .

٥ — متخلفات مصانع البيرة :

تتكون هذه المتخلفات من السوائل المتخلفة من عملية تشغيل أعشاب البيرة . ومن عملية إعادة الانتفاع من الخميرة ومياه الغسيل من المراحل المختلفة . ولا تكون هذه المتخلفات عالية التلوث ولهذا فإنه يصير صرفها فى مواسير المجارى إن وجدت وإلا فإنها تعالج فى المرشحات الميكانيكية .

٦ — متخلفات مصانع التقطير :

تحتوى هذه المتخلفات على بواقى حبيبية تتخلف من أعمدة التقطير — وغالباً ما تستعمل هذه المتخلفات كغذاء للحيوانات — بعد تجفيفها . أما المتخلفات السائلة فيمكن صرفها فى المجارى المائية المكشوفة أو تنقيتها فى المرشحات الميكانيكية .

٧ — متخلفات مصانع الأدوية :

تحتوى المتخلفات الناتجة من صناعة العقاقير الطبية ومضادات الحيويات كالبنسلين ومشتقاته على درجة تركيز عالية جداً من التلوث العضوى . ولذا فإنه لا يسمح بصرفها فى مواسير المجارى .

ويتراوح معدل الأكسجين الحيوى الممتص لهذه المتخلفات بين ٢٥٠٠ ، ٥٠٠٠ جزء فى المليون . وقد تبين فى بعض الحالات أن الطريقة الوحيدة التى يمكن أن تعالج بها هذه المياه هى التبخير ثم حرق الرواسب كما نجحت طريقة التنقية اللاهوائية (التحليل) فى تخفيض معدل الأكسجين الحيوى الممتص بمقدار ٨٠٪ من قيمته الأصلية . ويتبع هذه العملية الترشيح فى مرشحات الرمل للوصول بمعدل الأكسجين الحيوى الممتص إلى حوالى ٣٥ — ٤٠ جزء فى المليون . ويمكن استعمال بعض متخلفات صناعة البنسلين ومضادات الحيويات الأخرى كعنصر غذائى للحيوانات .

« يتبع »

ملخص الموضوعات
بالقسم الانجليزى

الألواح الأرثوتروبية المستمرة
المرتكزة على ركائز مرنة

للدكتور المهندس كمال حسان

تمثل الألواح الأرثوتروبية عنصراً هاماً فى كبارى الطرق الحديثة فقد استبدلت أرضية الكبارى العادية المكونة من كمرات طولية وعرضية فوقها بلاطة خرسانية بأرضية حديدية مكونة من لوح مقوى فى الاتجاهين بأعصاب طولية وعرضية على مسافات ضيقة ومغطى بطبقة من الأسفلت . ويعمل بعد كل مجموعة من الأعصاب العرضية كمرة عرضية قوية وهذه تؤثر فى توزيع الإجهادات باللوح المعدنى ويمكن اعتبارها كركيزة مرنة وبذلك تصبح أرضية الكوبرى عبارة عن لوح أرثوتروبى مستمر مرتكز على ركائز مرنة .

يقدم هذا البحث طريقة حل هذا اللوح وكيفية حساب عزوم الإنحناء فى حالة تعرضه لحمل متكافىء .

دوائر التحكم في الآلات الحاسبة الأليكترونية

(جهاز الجمع)

للدكتور المهندس نعيم ابوطالب
والمهندس عبدالفتاح عبدالله

مقدمة :

فقد أصبحت الآلات الحاسبة الاليكترونية تلعب دوراً كبيراً فى مجال الأعمال التجارية والصناعية والإنتاج وذلك لما يوفر النظام الآلى من جهد وسرعة فى إتمام العمليات الحسابية التى تحتاج إلى عدد كبير من الأفراد المتخصصين .

ولما فى مجال العلوم والرياضيات وبحوث الفضاء فلقد أصبحت الآلات الحاسبة الاليكترونية من ضروريات الاستمرار فى التقدم والتطوير .

الغرض من البحث :

حيث إن الوحدة الحسابية Arithmetic unit من أهم الأجزاء التى تتكون منها الآلة الحاسبة الاليكترونية فالغرض من هذه الرسالة هو تعميم الجزء الهام من الوحدة الحسابية وهو جهاز الجمع .

جهاز الجمع عبارة عن مجموعة من الدوائر الكهربية يمكن بواسطتها جمع وطرح الأعداد الحسابية . وعملية الجمع تعتبر أهم العمليات الحسابية حيث يمكن الوصول إلى كثير من العمليات الحسابية كالضرب والقسمة بواسطة تكرار عمليات الجمع والطرح .

لسهولة تصميم الآلات الحاسبة الاليكترونية وصيانتها فإن الوحدات الحسابية تتكون من ثلاثة دوائر أساسية تقوم بالعمليات الأساسية الثلاثة المنطقية والجمع والطرح والعكس Negation وتسمى العمليات المنطقية الأساسية الثلاثة .

Three Basic Logical operations وهذه العمليات تختلف عن الجمع والطرح الجبرى المعروف وإنما تخضع لقواعد جبرية أخرى وضع أسسها العالم George Boole .

ولكى يقوم جهاز الجمع بجمع الأعداد يجب أن يحتوى على كثير من الدوائر الأساسية الثلاثة Three basic gates موصلة ببعضها بترتيب معين لذلك نجد أن جهاز الجمع يحتوى على عدد كبير قد يصل إلى آلاف من العناصر الالكترونية — المكونة للدوائر الأساسية — كالصمامات الكهربية والمقاومات وغيرها .

من أجل ذلك فإن الغرض من هذه الرسالة هو الوصول إلى تصميم لجهاز الجمع يستخدم أقل عدد من العناصر الاليكترونية .

محتويات البحث :

حتى يستطيع القارىء الملم بأساسيات الهندسة الكهربية والأليكترونية قراءة الرسالة وفهمها احتوت الرسالة على المعلومات العامة عن الآلات الحاسبة الأليكترونية وشملت الآتى :

١ — نبذة تاريخية عن الآلات الحاسبة الأليكترونية تطورها وأنواعها الأساسية وأوجه الاختلاف بينهما وبين الآلات الحاسبة الأليكترونية المكتبية Desk Calculators

٢ ـ نظام العد Number System المستخدم فى الآلات الحاسبة الأليكترونية والذى يختلف عن النظام العشرى المعروف .

٣ ـ دوائر التحكم الكهربية المستخدمة فى تحقيق العمليات الحسابية المنطقية الثلاثة السالفة الذكر والعناصر الأليكتروتية المختلفة المستخدمة فى ذلك .

٤ ـ القواعد الجبرية المستخدمة فى دوائر التحكم والمعروفة بقواعده .

٥ ـ الأنواع المختلفة من جهاز الجمع المستخدمة فى الآلات الحاسبة الأليكترونية حتى يمكن مقارنتها بالجهاز المصمم فى هذه الرسالة .

٦ ـ التفاصيل الكاملة لتصميم جهاز الجمع وذلك باستخدام الخواص الأليكترونية للصمامات الكهربية مباشرة وتوصيلها بالطريقة المؤدية إلى النتيجة المطلوبة دون التقيد ببناء الدوائر المنطقية الأساسية الثلاثة . ويلى ذلك المقارنة بين عـــدد العناصر الأليكترونية التى استخدمت والعدد المستخدم فى معظم الآلات الحاسبة الأليكترونية .

النتيجة :

أمكن الوصول إلى بناء جهاز الجمع باستخدام حوالى ٦٠٠ صمام كهربى بدلا من ٦٠٠ صمام تقريباً فى معظم الآلات الحاسبة الأليكترونية .

تأثير اللحام فى العوارض المركبة المقطع على مدى تحملها للكلل

للدكتور المهندس شوكت عبد القادر اسماعيل
والمهندس محمود عبد الجابر

يهدف البحث إلى دراسة بعض العوامل المؤثرة فى عمر القطاعات أو العوارض المعدنية المركبة بواسطة اللحام والمشكلة من قطاعات صلب طرى ، حيث إن هذا النوع هو المعتاد وجوده فى شاسيهات العربات ذات الخدمة الشاقة مثل عربات السكك الحديدية حيث تستخدم عمليات اللحام فى تجميع أجزاء عوارضها .

وتتضمن هذه العوامل المؤثرة دراسة معدلات التبريد أثناء اللحام فى المنطقة الملحومة والمناطق المجاورة لها ، كما اشتمل البحث أيضاً دراسة المكونات التى تنتج من جزىء الصلب الطرى عند انتقاله من منطقة الاستنيت إلى أن تهبط درجة حرارته إلى مستوى درجة حرارة الجو العادية وذلك فى حالة وجود التعادل فى كل مرحلة من مراحل الانتقال

ويتبع ذلك دراسة ما يحدث لجزىء الاستنيت عند انتقاله فجأة من المنطقة ذات الحرارة العالية إلى مستوى حرارى ثابت تحت مستوى درجة الحرارة الحرجة (٧٢٥ درجة مئوية) وعلاقة سرعة تغيير هذا الجزىء إلى المكونات الأخرى بمستوى الحرارة الثابت الذى حدثت فيه عوامل التغيير . وانتقل البحث بعد ذلك إلى دراسة عوامل أخرى تنشأ أثناء عملية اللحام وهو التبريد التدريجى الحادث أثناء عملية اللحام لمنطقة الملحومة وما يصحب ذلك أحياناً من ظهور جزىء (المرتنسيت والبينيت) اللذان يسببا ضعفاً فى تحمل القطاعات للاجهادات المترددة .

وقد أجريت تجارب عديدة لمعرفة أحسن الطرق العملية التى يمكن استخدامها فى الصناعة فى حالة استعمال اللحام المتقطع بدون الإخلال بخواص المعدن فى منطقة أعلى إجهاد ، كما أن هناك تجارب أخرى أجريت لمعرفة تأثير الصدمات المصاحبة للترددات الواقعة على العوارض وهو ما يحدث عادة أثناء تشغيل الشاسيهات كما تعرض البحث أيضاً إلى تأثير رفع درجة حرارة العوارض قبل البدء فى عمليات اللحام . والنتائج العملية التى ظهرت تؤيدها الدراسة النظرية المعروضة فى هذا البحث ومنها استخلصت طريقة خاصة للحام تساعد على رفع جودة منطقة اللحام فى العوارض المركبة

تاثير بعض العوامل المرتبطة باسلوب اللحام بالضغط على البارد على لحام الشفة لشرائط الألمنيوم

للدكتور المهندس مصطفى كمال عبد العزيز

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الشكل الهندسى لسطح ضواغط اللحام على قابلية المعدن للانسياب تحت تأثير الضغط — أى درجة التشكيل اللدن — فى درجة حرارة الغرفة بغرض الوصول إلى أنسب شكل هندسى للضاغط الذى يعطى درجة التشكيل المثلى والتى تؤدى إلى أعلى قوة للحام باستخدام أقل إجهاد فى الضغط حتى يمكن فتح مجال التطبيق العملى أمام هـذا الأسلوب من اللحام ، كما يقوم بدراسة أثر العلاقة بين حجم الضواغط وسمك المعدن المراد وصله وذلك بتغيير سمك المعدن الموصول مع تثبيت نوع وحجم الضاغط .

وقد أجريت الاختبارات المعملية على شرائط من الألومنيوم النقى ٩٩٫٥٪ بعرض ٢٠ مم وطول ١٢٠ مم وسمك ١٫٥ — ٢٫٠ — ٢٫٢٥ — ٢٫٥٠ ٢٫٧٥ — ٣٫٠٠ ملليمتر .

واستخدمت ضواغط لحام ذات ستة أشـكال هندسية مختلفة : مستديرة مسطحة — مستديرة كروية بقطر صغير — مستديرة كروية بقطر كبير — حلقية مسطحة — مستطيلة مسطحة حادة الجوانب — مستطيلة مسطحة ملفوفة الجوانب .

وبعد عرض نتائج البحوث السابقة التى أجريت حول موضوع اللحام بالضغط سواء على البارد أو على الساخن ، تعرض البحث لشرح العوامل المختلفة التى تؤثر على نجاح هذا الأسلوب فى اللحـام ، مثل تنظيف وتنشيط السطح المراد وصله ، ودرجة التشكيل اللدن التى تحقق أجود الوصلات ، ودرجة حرارة اللحام عند الضغط ، والزمن الذى يمكثه المعدن تحت تأثير الحرارة والضغط ، ودرجة تناسق الوضع البللورى فى جزءى المعدن ، ثم خرج من هذا بالنتيجة المحققة — والتى وصل إليها أيضاً أغلب الباحثين فى الموضوع — وهى أن أهم شرط لتحقيق اللحام السليم هو الوصول بالمعدن إلى درجة معينة من التشكيل اللدن تحت الضغط فى حالة تثبيت درجة الحرارة ، ومن هنا ظهرت أهمية دراسة العوامل التى تؤثر على تحقيق هذه الدرجة من التشكيل بأقل قوة ضغط ممكنة وعلاقة هذه العوامل ببعضها ، وإظهار النتائج على صورة منحنيات بيانية واستخلاص النتائج منها . وقد توصل إلى النتائج والتوصيات الآتية :

١ — يبدأ الالتحام ضعيفاً عند درجة من التشكيل اللدن تتراوح بين ٢٨٪ من السمك ١٫٥ مم ، ٤٢٪ مع السمك ٣٫٠ مم ، ثم يتحسن بسرعة مع تزايد درجة التشكيل حتى يصل إلى أقصى متانته عند درجة تشكيل تتراوح بين ٥٠٪ مع السمك ١٫٥ مم وباستخدام الضاغط الحلقى المسطح ، ٧٠٪ مع السمك ٣٫٠ مم بصرف النظر عن نوع الضاغط وبزيادة التشكيل عن هذا الحد لا يحدث الكسر تحت تأثير القص فى وصلة اللحام وإنما يتعداه إلى خارج حدود وصلة اللحام ويحدث تحت تأثير الشد مع التمزق .

٢ — العلاقة بين ضغط اللحام (عند توقيعه على تدريج لوغاريتمى) وبين درجة التشكيل (بتوقيعه على تدريج خطى) تعطى خطوطاً مستقيمة يمكن وضعها على شكل معادلة أسية ، وهذا الضغط يتزايد مع تزايد سمك المعدن ولكن بدرجة أقل ، كما يظهر من العلاقة بين نسبة أكثر الضغوط كفاءة إلى سمك المعدن وبين سمك المعدن ، إذ تعطى منحنيات تتناقص مع زيادة سمك المعدن فيما عدا حالة الضاغط الحلقى الذى يعطى قيمة ثابتة تقريباً مما يدل على تجانس انسياب المعدن فى هذا النوع من الضواغط عند نطاق سمك المعدن المستخدم فى التجارب .

٣ — بإدخال النسبة بين مقدار الضغط المستخدم فى اللحام وبين متانة الوصلة الملحومة للدلالة على درجة كفاءة اللحام ، أو درجة كفاءة استخدام ضغط اللحام ، وجد أى أقل نسبة (وهى تحدد أحسن الظروف للحام من ناحية أقل ضغط يعطى أعلى متانة عند أنسب درجة تشكيل) تتحقق مرة أخرى مع الضاغط الحلقى المسطح مع جميع درجات سمك المعدن المستخدمة ، يليها فى الجودة الضواغط : المستدير الكروى بقطر صغير ، المستدير المسطح ، المستطيل المسطح الحاد الجوانب — المستطيل المسطح الملفوف الجوانب فى حالة وجود الضلع الأكبر للمستطيل متوازياً مع محور العينة ، ثم نفس الضاغط متعامداً على محور العينة ، وأخيراً الضاغط المستدير الكروى ذو القطر الكبير . ومع جميع أنواع الضواغط ، ما عدا الحلقى — وجد اتجاه عمومى إلى تحسن درجة كفاءة استخدام ضغط اللحام بتزايد سمك المعدن حتى النطاق الواقع بين ٢٫٧٥ ، ٣٫٠٠ مم ، مما يظهر وجود أثر لعامل الحجم للضاغط بالنسبة لسمك المعدن مع هذه الضواغط .

٤ — بالنسبة للضواغط المستطيلة الشكل وجد أن النتائج تكون أحسن إذا كان الضلع الأكبر المستطيل موازياً لمحور العينة ، كما وجد أن درجة كفاءة استخدام الضغط تتحسن باستخدام الضاغط ذو الجوانب الحادة عنها فى حالة الضاغط ذو الجوانب الملفوفة .

٥ — بالنسبة لأحسن أنواع الضواغط من ناحية الكفاءة ، وهو الضاغط الحلقى ، أعد رسماً بيانياً مجمعاً للاستفادة منه عملياً ، وهو يبين العلاقات بين :

ضغط اللحام (موقعاً على تدريج لوغاريتمى) ونسبة ضغط اللحام إلى متانة الوصلة (موقعة على تدريج لوغاريتمى) وبين متانة الوصلة (موقعة على تدريج خطى) ودرجة التشكيل (موقعة على تدريج خطى) . كما وجد أن العلاقة بين نسبة ضغط اللحام إلى متانة الوصلة وبين متانة الوصلة عند توقيع الإثنين على مقاييس لوغاريتمية . تعطى خطوطاً مستقيمة بحيث يمكن إدماجها فى معادلة أسية بسيطة .

وينتهى البحث بالتوصية بدراسة ظروف الضاغط الحلقى بطريقة مستفيضة بغرض الوصول إلى أحسن المقاسات لهذا الضاغط (نسبة القطر الخارجى وإلى القطر الداخلى مع تثبيت المساحة السطحية) بالنسبة لكل سمك من المعدن ، والتوصية كذلك بتجربة نوع جديد من الضواغط يعتقد المؤلف بأنه قد يعطى نتائج أفضل ، وهو أيضاً ضاغط حلقى مزود من الداخل بأعصاب متعامدة ليصبح سطح الضاغط على الهيئة « زرار » وسيقوم المؤلف بإجراء هذا البحث استكمالا لما تحقق من النتائج فى البحث الحالى بعد أن ظهر بوضوح تأثير شكل السطح الضاغط على كفاءة وجودة عملية اللحام .



Dr. MAHMOUD FAHMY ABDEL-GABER:

— B.Sc. (Mech. Eng.) 1958, Ain Shams University.

— M. Sc. (Mech. Eng.) 1963, Ain Shams University.

— Chief Engineer, wagon section, Semaf Company, Helwan.

Dr.-Ing. KAMAL HASSAN:

— B. Sc. (Hons.) "Civil Engineering", Cairo University, July 1955.

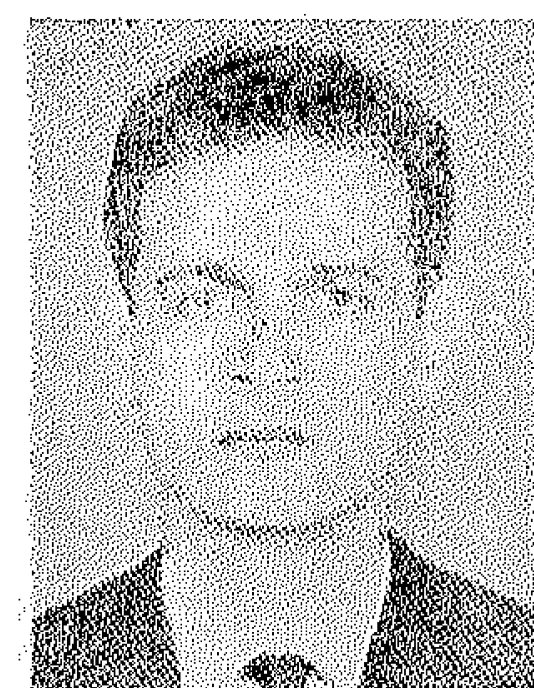
— Dr.-Ing., Structural Engineering, Stuttgart High Technical School (TH), July 1960.

— Lecturer, Structural Engineering Department, Ain Shams University.

ABOUT THE AUTHORS



Dr. SHAWKAT A.K. ISMAIL



— B.Sc. Mech. Eng. 1949, University of Alexandria.

— M.Sc. Mech. Eng. 1952, University of Alexandria.

— Ph.D. Mech. Eng. 1956, University of Sheffield, England.

— Lecturer, Mech. Dept., Ain Shams University.

Dr. M. K. ABDEL AZIZ



— B.Sc. Mechanical Engineering, Alex. University, 1946.
— Dr. Sc. Techn. (E.T.H.), Zurich—Switzerland, 1952.
— Secretary General, Section of Production Engineering and Industry, Egyptian Engineer's Society (Cairo).
— Member of the American Society for Metals.
— Technical Advisor of the General Organization for Industrialization (Metallurgical Projects Department), Cairo, and Consultant for the Aluminium Smelter Project.
— Author of several papers in the Production Engineering Field.
— Assistant Professor, Production Engineering Department, Faculty of Engineering: Ain Shams University, Cairo.

CONCLUSION

In this research a method for the analysis of continuous orthotropic plate on elastic supports is presented . This method can also be applied for other cases of loading on the plate

From the calculated example it could be concluded that a considerable variation in the bending moments occurs in the plate due to the stiffer cross beams . The bending moments M_x in the cross rib beside the stiffer cross beam is decreased while that in the stiffer cross beam itself is increased . The bending moments M_y in the plate have positive and negative signs , thus totally different than that in a plate without stiffer cross beams

REFERENCES

1- Corneliues , W. : Die Berechnung der ebenen Flachentragwerke mit Hilfe der Theorie der orthogonal anisotropen Platten. Der Stahlbau vol. 21 (1952)

2- Mader , F.-W. : Berechnung orthotroper platten unter Flächenlasten , Randmomenten und Rand-durchbiegungen . Der Stahlbau , vol, 26(1957)

3- PELIKAN, W. and Esslinger, M : Die Stahlfahrbahn, Berechnung und Konstrokhon . M.A.N. Forschungsheft N° 7, 1957

4- PELIKAN, W. : Die orthotrope platte der stahlfahrbahn . Stahlbau-Tagung , Hiedelberg , 1958

5- Giencke , E. : Die Berechnung von durchlaufenden Fahrbahnplatten . Der stahlbau vol. 27 (1958)

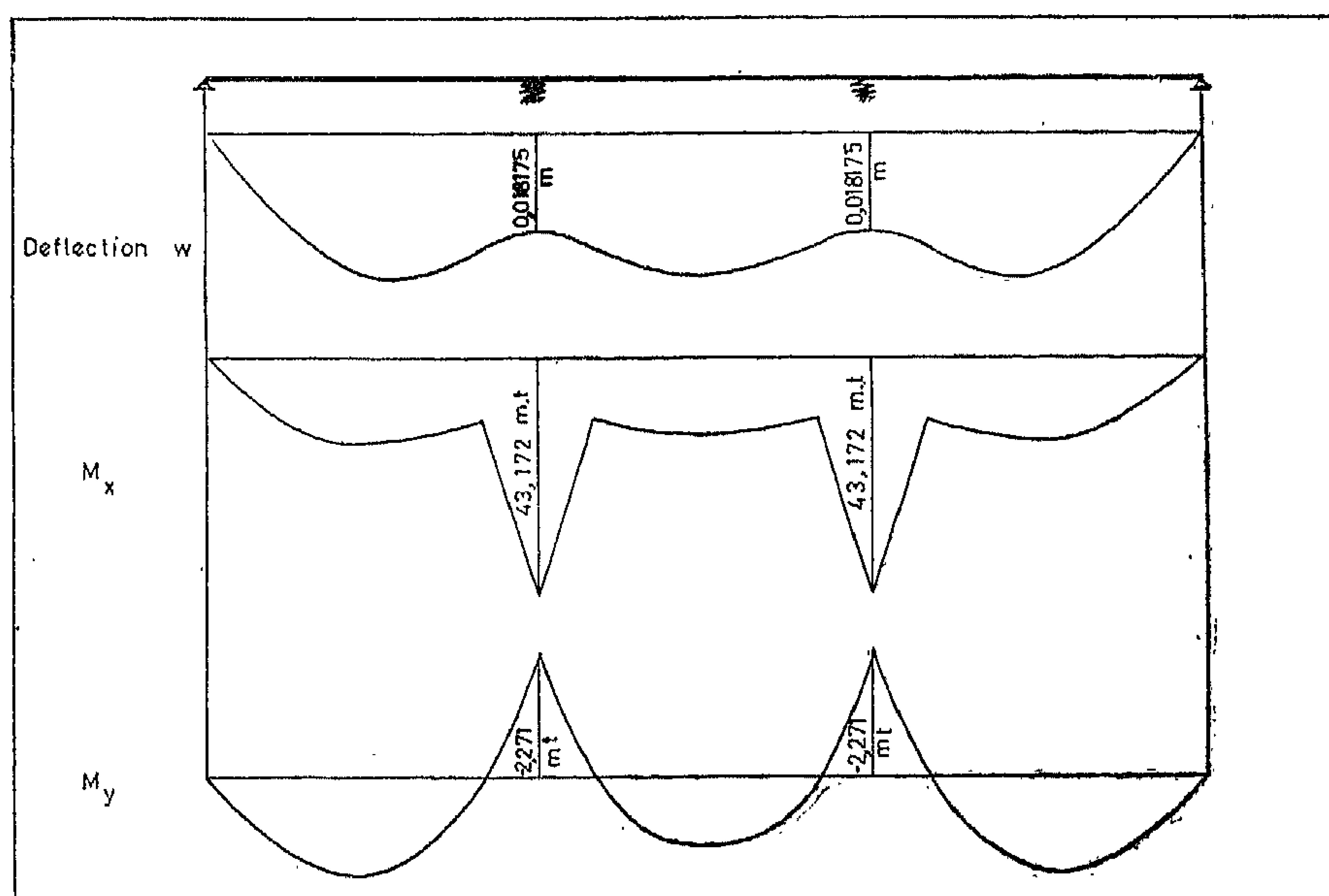
6- Hassan , K. : Bietrag zur Berchnung von orthotropen platten mit veränderlichen Steifigkeiten , Dissertation , T.H. stuttgart (1960)

$$\overset{\approx}{w} = \alpha^2 \cdot W$$

$$\ddot{w} = \sin \alpha x \Big[-0{,}002\,663\,894 \cdot \cosh \vartheta\alpha\,(y-2b_o) \cdot \cos \varphi\alpha\,(y-2b_o)$$
$$+0{,}000\,671\,011 \cdot \sinh \vartheta\alpha\,(y-2b_o) \cdot \sin \varphi\alpha\,(y-2b_o)$$
$$-0{,}002\,343\,873 \cdot \cosh \vartheta\alpha\,(y-b_o) \cdot \sin \varphi\alpha\,(y-b_o)$$
$$-0{,}007\,640\,247 \cdot \sinh \vartheta\alpha\,(y-b_o) \cdot \cos \varphi\alpha\,(y-b_o)$$
$$+0{,}007\,631\,028 \cdot \cosh \vartheta\alpha\,(y-b_o) \cdot \cos \varphi\alpha\,(y-b_o)$$
$$+0{,}002\,350\,706 \cdot \sinh \vartheta\alpha\,(y-b_o) \cdot \sin \varphi\alpha\,(y-b_o)$$
$$-0{,}039\,164\,920 \cdot \cosh \vartheta\alpha y \cdot \cos \varphi\alpha y$$
$$+0{,}016\,065\,435 \cdot \sinh \vartheta\alpha y \cdot \sin \varphi\alpha y$$
$$-0{,}016\,064\,385 \cdot \cosh \vartheta\alpha y \cdot \sin \varphi\alpha y$$
$$+0{,}039\,165\,680 \cdot \sinh \vartheta\alpha y \cdot \cos \varphi\alpha y \Big]$$

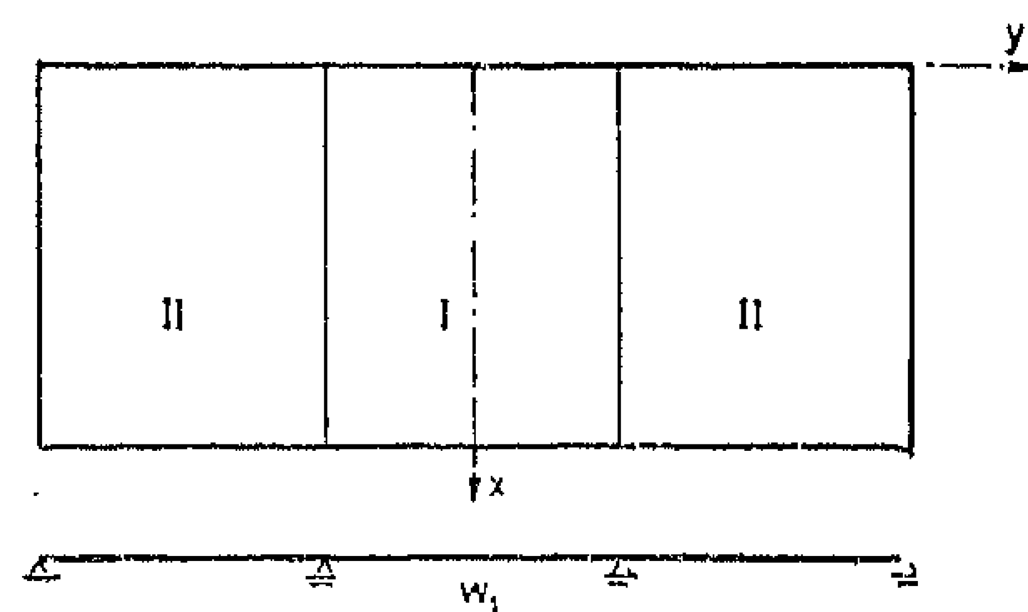
M_x, M_y at $x = \frac{l}{2}$: $\left[M_x = B_x\,(\overset{\approx}{w} + \mu_y \cdot \ddot{w})\ ;\ M_y = B_y\,(\ddot{w} + \mu_x \cdot \overset{\approx}{w})\ ;\ \mu_x = \mu_y = 0{,}3 \right]$

Field	Y	W meters	$\overset{\approx}{w}$	$\ddot{w}$	M_x m.t/m	M_y m.t/m
I	0	0,025 824	− 0,001 740 335	− 0,001 305 374	+ 14,663	+ 1,288
	$\frac{b_o}{3}$	0,024 296	− 0,001 637 371	− 0,000 965 860	+ 13,731	+ 1,027
	$\frac{2b_o}{3}$	0,020 606	− 0,001 388 656	+ 0,000 342 479	+ 11,358	+ 0,052
	b_o	0,018 175	− 0,001 224 861	+ 0,003 588 471	+ 43,172	− 2,271
II	$\frac{4b_o}{3}$	0,021 286	− 0,001 434 495	+ 0,000 289 011	+ 11,749	+ 0,100
	$\frac{5b_o}{3}$	0,025 458	− 0,001 715 700	− 0,001 229 384	+ 14,441	+ 1,230
	$2b_o$	0,026 769	− 0,001 803 998	− 0,001 996 152	+ 15,358	+ 1,789
	$\frac{7b_o}{3}$	0,021 521	− 0,001 025 035	− 0,000 075 106	+ 11,425	+ 1,651
	$\frac{8b_o}{3}$	0,010 481	− 0,000 706 337	− 0,002 135 053	+ 8,532	+ 1,052



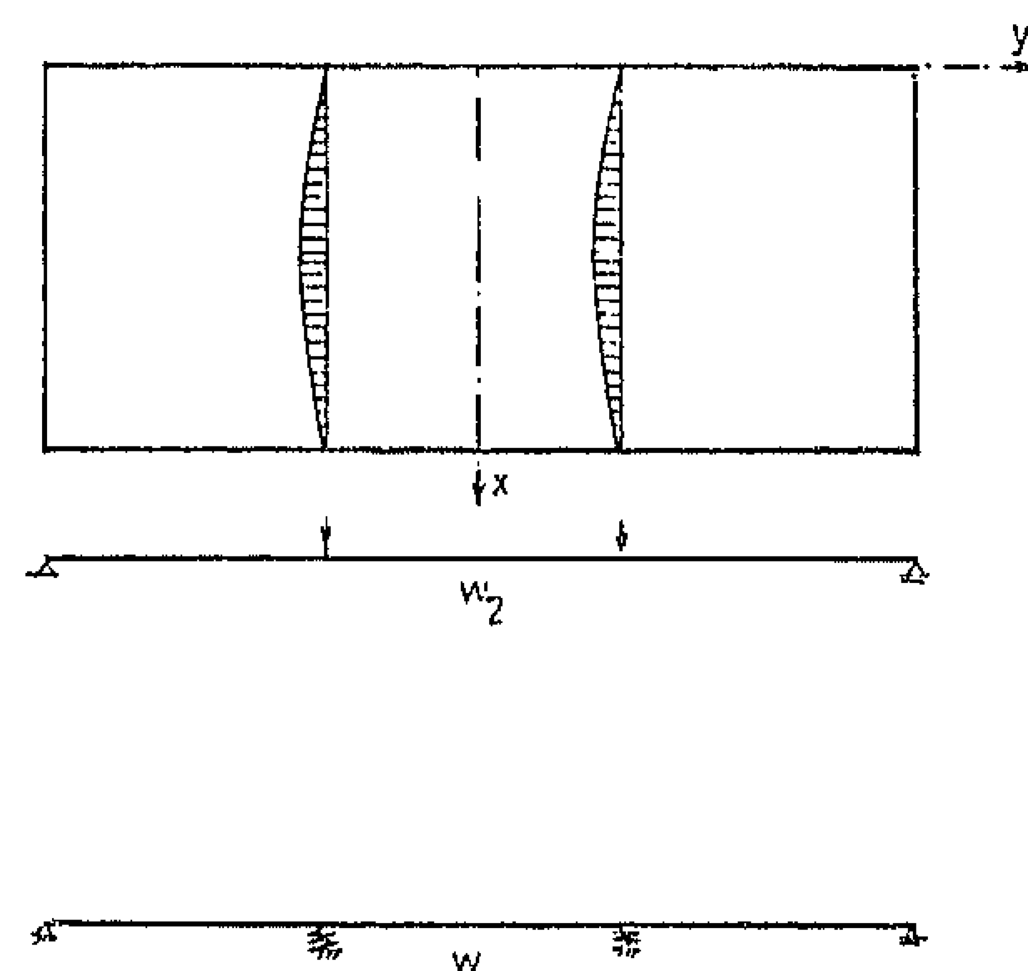
COMPLETE SOLUTION OF CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS

FIELD I



$$K = 0{,}003\,205\, P_p = 0{,}014\,712$$
$$KA = 0{,}009\,274\,003$$
$$KD = 0{,}003\,945\,449$$
$$KE = -\,0{,}116\,681\,608$$
$$KF = 0{,}116\,676\,223$$
$$KG = 0{,}141\,930\,460$$
$$KH = -\,0{,}141\,926\,031$$
$$W = W_1 + W_2$$
$$W_1 = \sin \alpha x \left[0{,}034 - 0{,}017\,450\,203 \cdot \cosh \nu\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y - 0{,}007\,355\,221 \cdot \sinh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \right]$$
$$W_2 = \sin \alpha x \left[+ 0{,}009\,274\,003 \cdot \cosh \nu\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y + 0{,}003\,945\,443 \cdot \sinh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \right]$$
$$W = \sin \alpha x \left[0{,}034 - 0{,}008\,176\,200 \cdot \cosh \nu\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y - 0{,}003\,409\,772 \cdot \sinh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \right]$$

FIELD II



$$\begin{aligned} W = \sin \alpha x \Big[& 0{,}034 - 0{,}006\,187\,116 \cdot \cosh \nu\alpha (y-2b_0) \cdot \cos \varphi\alpha (y-2b_0) \\ & - 0{,}010\,192\,282 \cdot \sinh \nu\alpha (y-2b_0) \cdot \sin \varphi\alpha (y-2b_0) \\ & - 0{,}034\,686\,170 \cdot \cosh \nu\alpha (y-b_0) \cdot \sin \varphi\alpha (y-b_0) \\ & - 0{,}000\,040\,116 \cdot \sinh \nu\alpha (y-b_0) \cdot \cos \varphi\alpha (y-b_0) \\ & + 0{,}034\,656\,675 \cdot \sinh \nu\alpha (y-b_0) \cdot \sin \varphi\alpha (y-b_0) \Big] \\ + \sin \alpha x \Big[& - 0{,}116\,681\,608 \cdot \cosh \nu\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y \\ & + 0{,}116\,676\,223 \cdot \sinh \nu\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y \\ & + 0{,}141\,930\,460 \cdot \cosh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \\ & - 0{,}141\,926\,031 \cdot \sinh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \end{aligned}$$

BENDING MOMENTS M_x, M_y

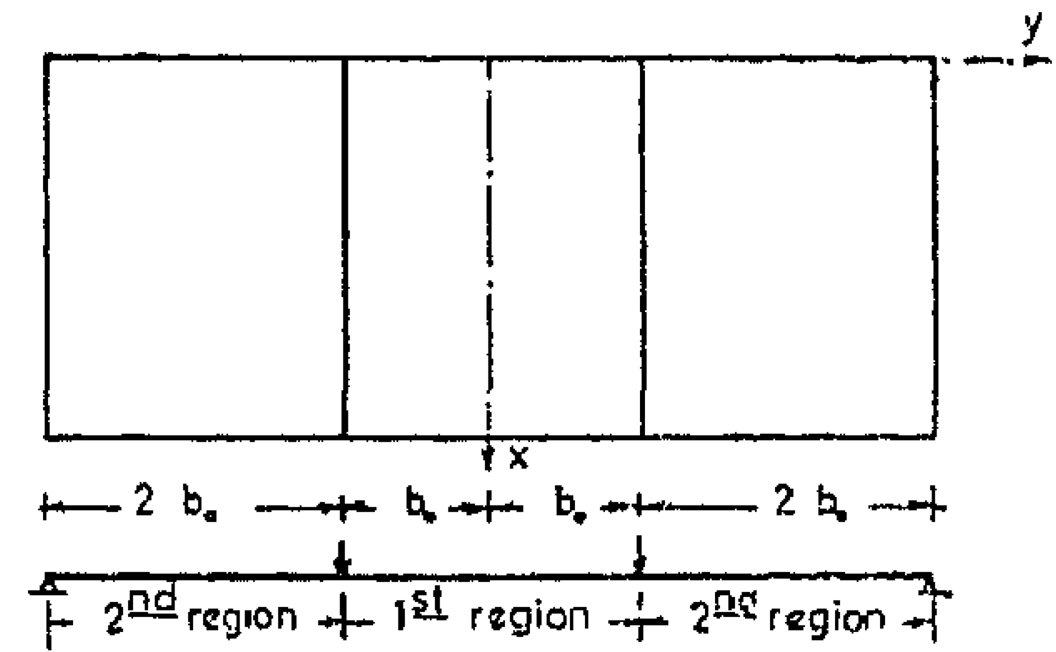
FIELD I

$$W = \sin \alpha x \left[0{,}034 - 0{,}008\,176\,200 \cdot \cosh \nu\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y - 0{,}003\,409\,772 \cdot \sinh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \right]$$
$$\overset{\circ}{W} = \alpha^2 \cdot W$$
$$\overset{\circ\circ}{W} = \sin \alpha x \left[-0{,}001305374 \cdot \cosh \nu\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y + 0{,}001569033 \cdot \sinh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \right]$$

FIELD II

$$\begin{aligned} W = \sin \alpha x \Big[& 0{,}034 - 0{,}006187116 \cdot \cosh \nu\alpha (y-2b_0) \cdot \cos \varphi\alpha (y-2b_0) \\ & - 0{,}010192282 \cdot \sinh \nu\alpha (y-2b_0) \cdot \sin \varphi\alpha (y-2b_0) \\ & - 0{,}034686170 \quad \cosh \nu\alpha (y-b_0) \cdot \sin \varphi\alpha (y-b_0) \\ & - 0{,}000040116 \quad \sinh \nu\alpha (y-b_0) \cdot \sin \varphi\alpha (y-b_0) \\ & + 0{,}034656675 \quad \sinh \nu\alpha (y-b_0) \cdot \sin \varphi\alpha (y-b_0) \\ & - 0{,}116681608 \quad \cosh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \\ & + 0{,}116678223 \quad \sinh \nu\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y \\ & + 0{,}141930460 \quad \cosh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \\ & - 0{,}141926031 \quad \sinh \nu\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y \Big] \end{aligned}$$

RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER 2 LINE LOADS AT $Y=\pm b_o$



1st region : $0 < y < b_o$

$$W_1 = \sum K \sin ax \,(A \cosh \vartheta\alpha y \cdot \cos \varphi\alpha y + D \sinh \vartheta\alpha y \cdot \sin \varphi\alpha y)$$

2nd region : $b_o < y < 3b_o$

$$W_2 = \sum K \sin ax \,(E \cdot \cosh \vartheta\alpha y \cdot \cos \varphi\alpha y + F \cdot \sinh \vartheta\alpha y \cdot \cos \varphi\alpha y + G \cdot \cosh \vartheta\alpha y \cdot \sinh \varphi\alpha y + H \cdot \sinh \varphi\alpha y \cdot \sin \varphi\alpha y)$$

$$E = \frac{-2 \sin 6\omega (\frac{1}{\varphi} \cosh \Omega \cdot \cos \omega + \frac{1}{\vartheta} \cdot \sinh \Omega \cdot \sin \omega) - 2 \sinh 6\Omega (\frac{1}{\varphi} \cdot \sinh \Omega \cdot \sin \omega - \frac{1}{\vartheta} \cosh \Omega \cdot \cos \omega)}{\cos 6\Omega + \cos 6\omega} = -7{,}931050$$

$$H = \frac{2 \sin 6\omega (\frac{1}{\varphi} \sinh \Omega \cdot \sin \omega - \frac{1}{\vartheta} \cdot \cosh \Omega \cdot \cos \omega) - 2 \sinh 6\Omega (\frac{1}{\varphi} \cdot \cosh \Omega \cdot \cos \omega + \frac{1}{\vartheta} \sinh \Omega \cdot \sin \omega)}{6\Omega + \cos 6\omega} = -9{,}640957$$

$$E' = -\frac{2}{\varphi} \cosh \Omega \cdot \sin \omega + \frac{2}{\vartheta} \cdot \sinh \Omega \cdot \cos \omega = -8{,}561420$$

$$H' = -\frac{2}{\varphi} \sinh \Omega \cdot \cos \omega - \frac{2}{\vartheta} \cdot \cosh \Omega \cdot \sin \omega = -9{,}915136$$

$$A = E - E' = 0{,}630370$$

$$D = H - H' = 0{,}268179$$

$$F = \frac{2}{\varphi} \sinh \Omega \cdot \sin \omega - \frac{2}{\vartheta} \cdot \cosh \Omega \cos \omega = 7{,}930684$$

$$G = \frac{2}{\varphi} \cosh \Omega \cdot \cos \omega + \frac{2}{\vartheta} \sinh \Omega \cdot \sin \omega = 9{,}647258$$

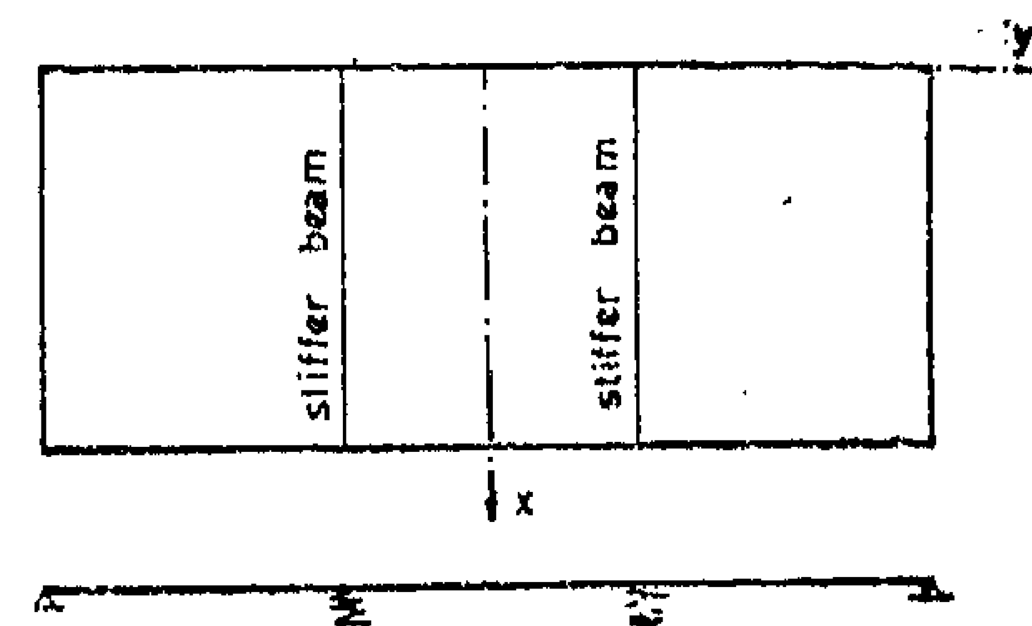
$$W_{(y=b_o)} = \sum K \sin ax \cdot 1{,}235380$$

$$K = \frac{P_p \cdot \ell^3}{4\pi^3 B_x} \sqrt{\frac{B_x}{B_y}} = 0{,}003205 \; P_p$$

For : n=1

$$W_{(y=b_o)} = 0{,}003960 \cdot \sin ax \cdot P_p$$

CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS



Deflection of stiffer bear $W_b = \frac{P_b \cdot \ell^4}{\pi^4 \cdot EI_b} \cdot \sin ax = 0{,}004452 \sin ax \cdot P_b$

At $Y = b_o$: $W_{plate} = W_{beam}$

or . $0{,}003960 \cdot \sin ax \cdot P_p = 0{,}004452 \cdot \sin ax \cdot P_b$

$P_p = 1{,}124242 \cdot P_b$

At $y = b_o$: $\bar{q}_y = P_p + P_b$

$8{,}673471 \cdot \sin ax = 2{,}124242 \, P_b$

or : $P_b = 4{,}083090 \cdot \sin ax$

$P_p = 4{,}590381 \cdot \sin ax$

COMPLETE SOLUTION FOR CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER RIGID SUPPORTS

FIELD I

$$W_1 = \sum \sin ax \left[K_0 + K_0 . A_1 \cosh \nu\alpha y + K_0 . D_1 . \sinh \nu\alpha y . \sin \varphi\alpha y \right]$$

$$= \sum \sin ax \left[0{,}034 - 0{,}017450203 . \cosh \nu\alpha y . \cos \varphi\alpha y - 0{,}007355221 \sinh \nu\alpha y . \sin \varphi\alpha y \right]$$

$$\bar{q}_{Y(y=b_0)} = \sum K_0 . \sin ax \left[\bar{A}_1 \cosh \Omega . \sin \omega + \bar{B}_1 \sinh \Omega . \cos \omega \right]$$

Where : $\bar{A}_1 = B_y . \alpha^3 \left[-A_1 . \varphi (3\nu^2 - \varphi^2) + D_1 . \nu (\nu^2 - 3\varphi^2) \right] - \left[\alpha^2 . \alpha (B_y . \mu_x + 4C)(-A_1 . \varphi + D_1 . \nu) \right]$

$\bar{B}_1 = B_y . \alpha^3 \left[A_1 . \nu (\nu^2 - 3\varphi^2) + D_1 . \varphi (3\nu^2 - \varphi^2) \right] - \left[\alpha^2 . \alpha (B_y . \mu_x + 4C)(A_1 . \nu + D_1 . \varphi) \right]$

$K_0 \bar{A}_1 = +1{,}456626$

$K_0 \bar{B}_1 = -0{,}161554$

$\bar{q}_{Y(y=b_0)} = +4{,}334978 \quad \sin ax \qquad (n=1)$

FIELD II

$$W_2 = \sum K_0 . \sin ax \left[1 + A_n \cosh \nu\alpha (y-2b_0) . \cos \varphi\alpha (y-2b_0) + D_n . \sinh \nu\alpha (y-2b_0) . \sin \varphi\alpha (y-2b_0) + \bar{K} . B_m . \cosh \nu\alpha (y-b_0) . \sin \varphi\alpha (y-b_0) + \right.$$
$$\left. + \bar{K} . C_m \sinh \nu\alpha (y-b_0) . \cos \varphi\alpha (y-b_0) + \bar{K} . D_m \sinh \nu\alpha (y-b_0) . \sin \varphi\alpha (y-b_0) \right]$$

$$W_2 = \sum \sin ax . \left[0{,}034 - 0{,}006187116 . \cosh \nu\alpha (y-2b_0) . \cos \varphi\alpha (y-2b_0) \right.$$
$$- 0{,}010192282 . \sinh \nu\alpha (y-2b_0) . \sin \varphi\alpha (y-2b_0)$$
$$- 0{,}034686170 . \cosh \nu\alpha (y-b_0) . \sin \varphi\alpha (y-b_0)$$
$$- 0{,}000040116 . \sinh \nu\alpha (y-b) . \sin \varphi\alpha (y-b_0)$$
$$\left. + 0{,}034676170 . \cosh \nu\alpha (y-b_0) . \sin \varphi\alpha (y-b_0) \right]$$

$$\bar{q}_{Y(y=b_0)} = \sum \sin ax . K_0 (\bar{A}_2 . \cosh \Omega . \sin \omega + \bar{B}_2 . \sinh \Omega . \cos \omega + \bar{C}_2]$$

Where ;

$\bar{A}_2 = B_y . \alpha^3 \left[A_n \varphi (3\nu^2 - \varphi^2) - D_n . \nu (\nu^2 - 3\varphi^2) \right] - \alpha^2 . \alpha (B_y . \mu_x + 4C)(A_n \varphi - D_n . \nu)$

$\bar{B}_2 = B_y . \alpha^3 \left[A_n . \nu (\nu^2 - 3\varphi^2) + D_n . \nu (3\nu^2 - \varphi^2) \right] + \alpha^2 . \alpha (B_y . \mu_x + 4C)(A_n . \nu + D_n . \varphi)$

$\bar{C}_2 = B_y . \alpha^3 . \bar{K} \left[B_m . \varphi (3\nu^2 - \varphi^2) + C_m . \nu (\nu^2 - 3\varphi^2) \right] - \alpha^2 . \alpha . \bar{K} (B_y . \mu_{x} + 4C)(B_m . \varphi + C_m . \nu)$

$\bar{K} . \bar{A}_2 = -0{,}735436$

$K_0 . \bar{B}_2 = +0{,}548112$

$K_0 . \bar{C}_2 = -2{,}472094$

$\bar{q}_{(y=b)} = -4{,}338943 \quad \sin ax \qquad (n=1)$

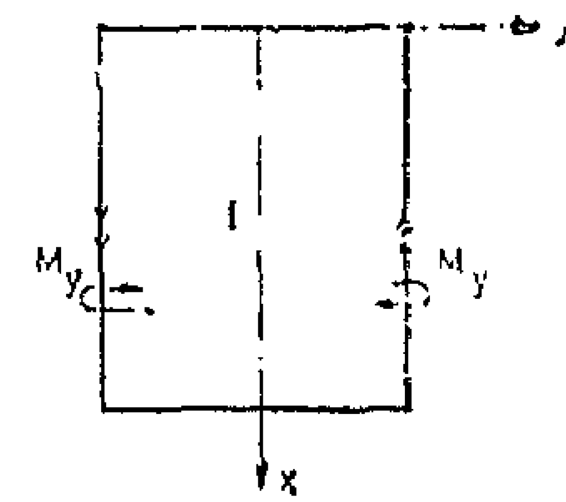
Reaction of intermediate support from fields I, II

$\bar{q}_{(y=b_0) I, II} = (4{,}334978 + 4{,}338493) \sin ax$

$= 8{,}673471 . \sin ax$

RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER EDGE MOMENTS

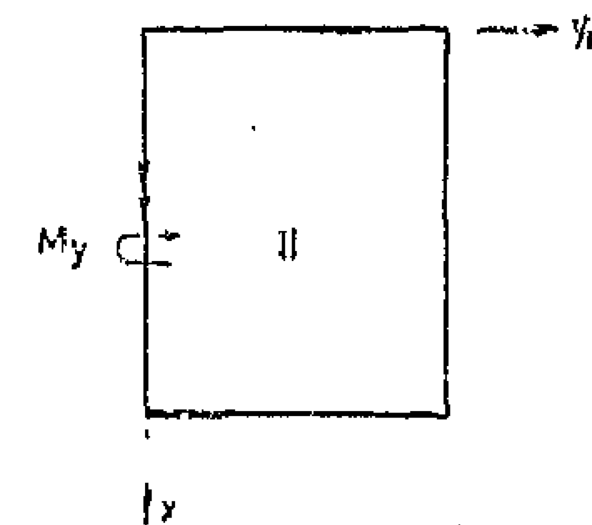
FIELD I



$$A_m = \frac{-1}{\delta B_y} \cdot \frac{2\sinh\Omega \cdot \sin\omega}{\cosh 2\Omega \cdot \cos 2\omega} = -0{,}000\,482353$$

$$D_m = \frac{1}{\delta B_y} \cdot \frac{2\cosh\Omega \cdot \cos\omega}{\cosh 2\Omega \cdot \cos 2\omega} = +0{,}000121500$$

FIELD II



$$A_{m_1} = \quad = 0$$

$$B_{m_1} = \frac{-1}{\delta B_y} \cdot \frac{\sin 2\omega_1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1} = -0{,}00148547$$

$$C_{m_1} = \frac{1}{\delta B_y} \cdot \frac{\sin 2\omega_1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1} = -0{,}000001718$$

$$D_{m_1} = \frac{1}{\delta B_y} = 0{,}00148421$$

SLOPE ANGLES DUE TO UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

$$\tau_{oI} = \frac{4Pl^4}{\pi^5 \cdot B_x} \cdot \alpha \sum \frac{\sin ax}{n^5} \left[(-A_n\,\varphi + D_n \cdot \vartheta) \cosh\Omega \cdot \sin\omega + (A_n\,\vartheta + D_n \cdot \varphi) \sinh\Omega \cdot \cos\omega \right]$$

$$= -0{,}0102875 \cdot \sin ax \qquad (n=1)$$

$$\tau_{oII} = +0{,}0102875 \cdot \sin ax$$

SLOPE ANGLES DUE TO EDGE MOMENTS

$$\tau_{mI} = \sum K_m \cdot \sin ax \cdot \alpha \left[(-A_m \varphi + D_m \cdot \vartheta) \cosh\Omega \cdot \sin\omega + (A_m \vartheta + D_m\,\varphi) \sinh\Omega \cdot \cos\omega \right]$$

$$= +0{,}000\,458\,291 \cdot K_m \cdot \sin ax \qquad (n=1)$$

$$\tau_{mII} = \sum K_m \cdot \sin ax \cdot \alpha (B_{m1} \cdot \varphi + C_{m1} \cdot \vartheta);$$

$$= -0{,}000422854 \cdot K_m \cdot \sin ax \qquad (n=1)$$

CONDITION OF CONTINUITY OF THE ELASTIC SURFACE

$$\tau_{oI} + \tau_{mI} = \tau_{oII} + \tau_{mII}$$

From which we get :

$K_m = 23{,}350300$

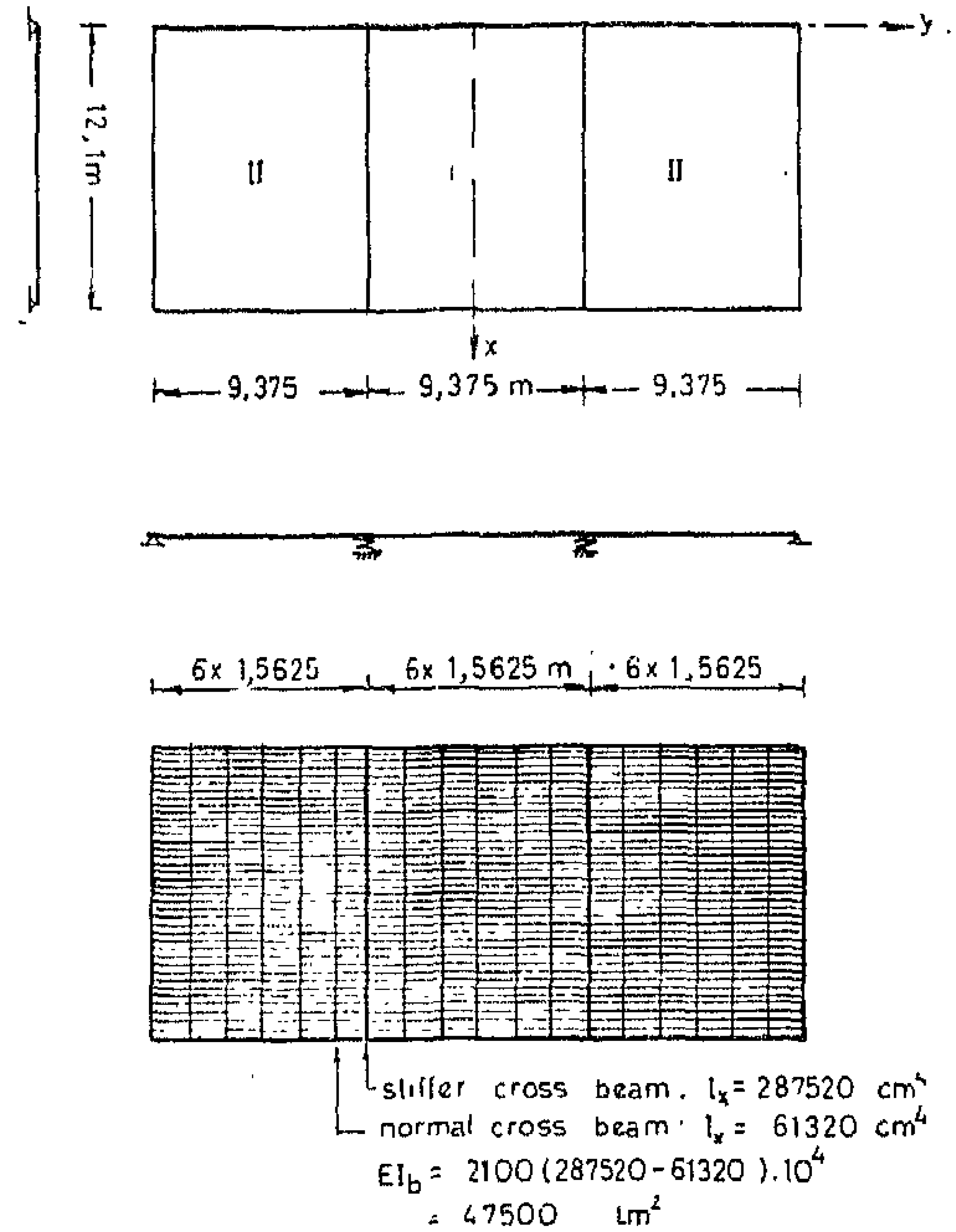
Moment at support = $M_y = \sum K_m \cdot \alpha^2 \cdot \sin ax = 5{,}38 \cdot \sin ax \quad (n=1)$

EXAMPLE

CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

CONSTANTS

l	=	12,10 m
$2b_0$	=	9,375 m
B_x	=	8240 t.m
B_y	=	705 t.m
EI_b (stiffer beam)	=	47500 t.m
H	=	$\varkappa\sqrt{B_x . B_y}$, $\varkappa$ is taken = 0.294394
a	=	$\frac{n.\pi}{l}$ = 0,2596 n
α	=	$a\sqrt{\frac{B_x}{B_y}}$ = 0,48 n
ν	=	$\sqrt{\frac{1}{2}(1+\varkappa)}$ = 0,804485
φ	=	$\sqrt{\frac{1}{2}(1-\varkappa)}$ = 0,593972
$\varkappa$	=	$\nu^2 - \varphi^2$ = 0,294394
δ	=	$2\,\nu\,\varphi$ = 0,955683
$\frac{\varkappa}{\delta}$		= 0 308046
$\nu . \alpha$		= 0, 386153 .n
$\varphi\,\alpha$		= 0, 285107 .n
$\frac{1}{\delta \cdot B_y}$		= 0, 001484
Ω	=	$\nu.\alpha.b_0$ = 1, 81 .n
ω	=	$\varphi.\alpha.b_0$ = 1, 336439 .n



For n = 1 :

$\sinh \Omega$	= 2, 97477	;	$\sin \omega$	=	0, 97265
$\cosh \Omega$	= 3,138496	,	$\cos \omega$	=	0, 23222
$\sinh 2\Omega$	= 18, 670526	;	$\sin 2\omega$	=	0, 45128
$\cosh 2\Omega$	= 18, 697426	;	$\cos 2\omega$	=	−0, 89127
$\sinh 2\Omega_1$	= 697,047	;	$\sin 2\omega_1$	=	−0, 80619
$\cosh 2\Omega_1$	= 697,047	;	$\cos 2\omega_1$	=	0,59815
$2\Omega_1$	= 4Ω	,	$2\omega_1$	=	4ω

$\cosh\Omega \, . \, \cos\omega$ = 0,728822

$\cosh\Omega \, . \, \sin\omega$ = 3,052658

$\sinh\Omega \cdot \cos\omega$ = 0,690801

$\sinh\Omega \, . \, \sin\omega$ = 2,893410

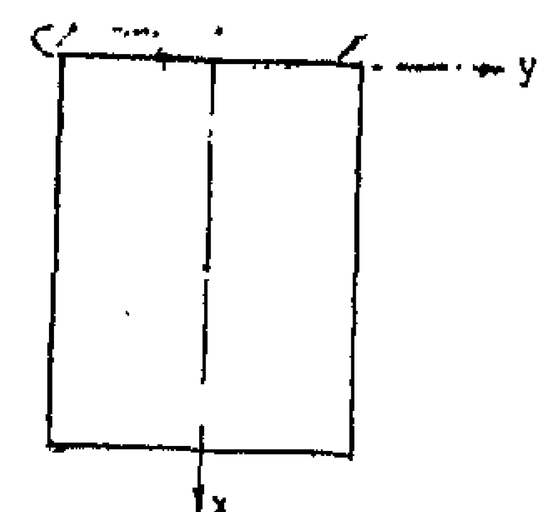
RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD $p = 1\ t/m^2$

FIELDS I, II

$$A_n = 2\,\frac{\frac{\varkappa}{\delta}\sinh\Omega.\sin\omega + \cosh\Omega.\cos\omega}{\cosh 2\Omega + \cos 2\omega} = -0,181974$$

$$D_n = 2\,\frac{\frac{\varkappa}{\delta}\cosh\Omega.\cos\omega - \sinh\Omega.\sin\omega}{\cosh 2\Omega + \cos 2\omega} = -0,299773$$

$$K_0 = \frac{4\,p\,l^4}{\pi^5 \cdot B_x} = 0,034$$

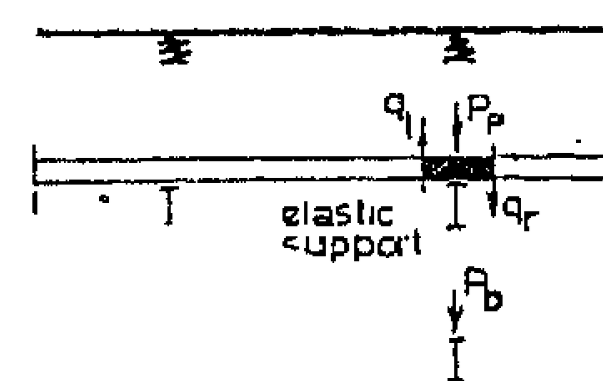


7) CONTINUOS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

At the position of the elastic support (stiffer beam, see page 1) two conditions should be fulfilled:

1- For the continuity of the elastic line:

$$w_{plate} = w_{beam}$$



2- For the equilibrium of an element of the plate over the elastic support

$$\bar{q}_{y=b_0} = P_p + P_b$$

where :

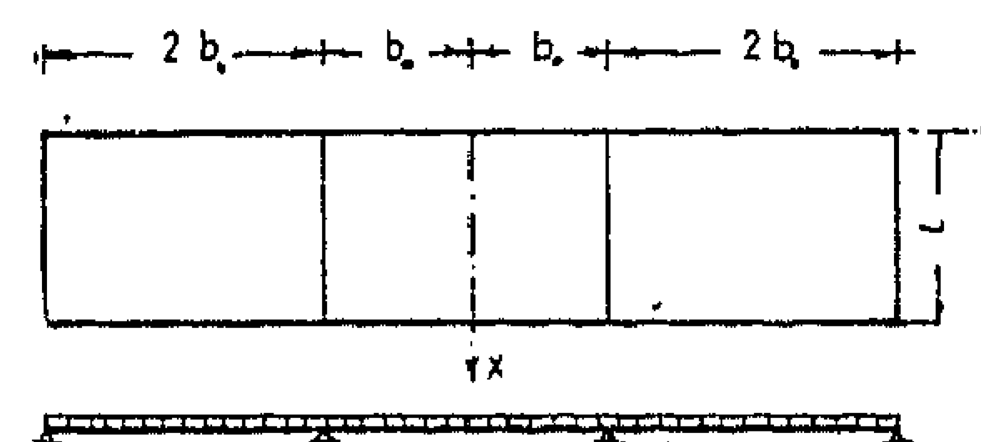
$\bar{q}_{y=b_0}$: Total reaction at edge $y = b_0$ from the fields I, II

P_p : Loading on plate causing its deflection w_p

P_b : $EI_b \cdot w^{4''}$ = Loading on beam causing its deflection w_b

1- At first the plate will be solved as a continuous plate over rigid supports. An expression for the deflection w is obtained The total reaction at the intermediate support is determined.

$$\bar{q}_{y=b_0} = \bar{q}_l + \bar{q}_r \text{, fig.(a)}$$



(fig.a)

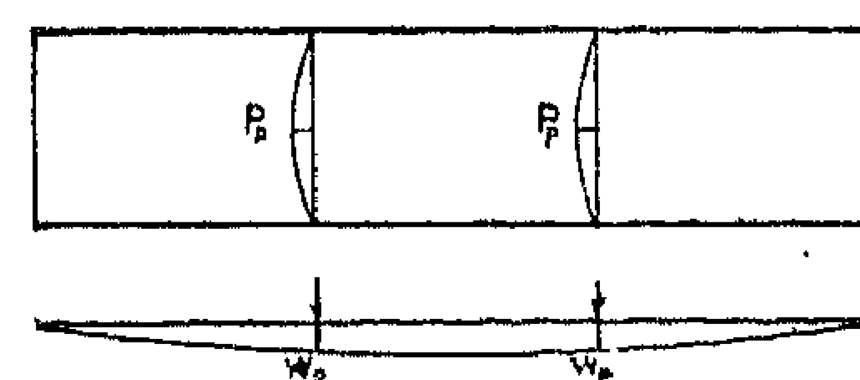
2- The deflection of the plate w_p in fig.(b) at the position $y = b_0$ is obtained as function of the load P_p.

3- The deflection of the stiffer beam w_b is determined as function of the loading P_b

4- From the two conditions of the elastic support P_p, P_b could be determined.

5- The total deflection of the continuous plate over elastic supports will be the sum of the deflections of the plate in fig(a) and the deflection of the plate in fig.(b).

Knowing the deflection, the bending moments M_x, M_y could be determined.



(fig b)

At $= b_o$

$w'' = -a^2\alpha \sum K_o \cdot \sin ax \left[(A_n \cdot \varphi - D_n \vartheta) \cosh\Omega \cdot \sin\omega - (A_n \cdot \vartheta + D_n \cdot \varphi) \sinh\Omega \cdot \cos\omega + K'(B_{m_1}\varphi + C_{m_1}\vartheta) \right]$

$\bar{q}_{2y(y=b_o)} = B_y \cdot w'' + (B_y \cdot \mu_x + 4C)\, w'''$

$= \sum K_o \cdot \sin ax \left[\bar{A}_2 \cosh\Omega \cdot \sin\omega + \bar{B}_2 \cdot \sinh\Omega \cdot \cos\omega + \bar{C}_2 \right]$

where

$\bar{A}_2 = B_y \cdot \alpha^3 \left[A_n \varphi (3\vartheta^2 - \varphi^2) - D_n \vartheta (\vartheta^2 - 3\varphi^2) \right] - \left[a^2 \alpha (B_y \mu_x + 4C)(A_n \varphi - D_n \vartheta) \right]$

$\bar{B}_2 = -B_y \cdot \alpha^3 \left[A_n \vartheta (\vartheta^2 - 3\varphi^2) + D_n \varphi (3\vartheta^2 - \varphi^2) \right] + \left[a^2 \alpha (B_y \mu_x + 4C)(A_n \vartheta + D_n \varphi) \right]$

$\bar{C}_2 = B_y \alpha^3 K' \left[B_{m_1} \varphi (3\vartheta^2 - \varphi^2) + C_{m_1} \vartheta (\vartheta^2 - 3\varphi^2) \right] - \left[a^2 \alpha K' (B_y \mu_x + 4C)(B_{m_1}\varphi + C_{m_1}\vartheta) \right]$

The reactions $\bar{q}_{1y}$ and $\bar{q}_{2y}$ could be written in the form :

$\bar{q}_{1y(y=b_o)} = \sum \bar{K}_1 \cdot \sin ax$

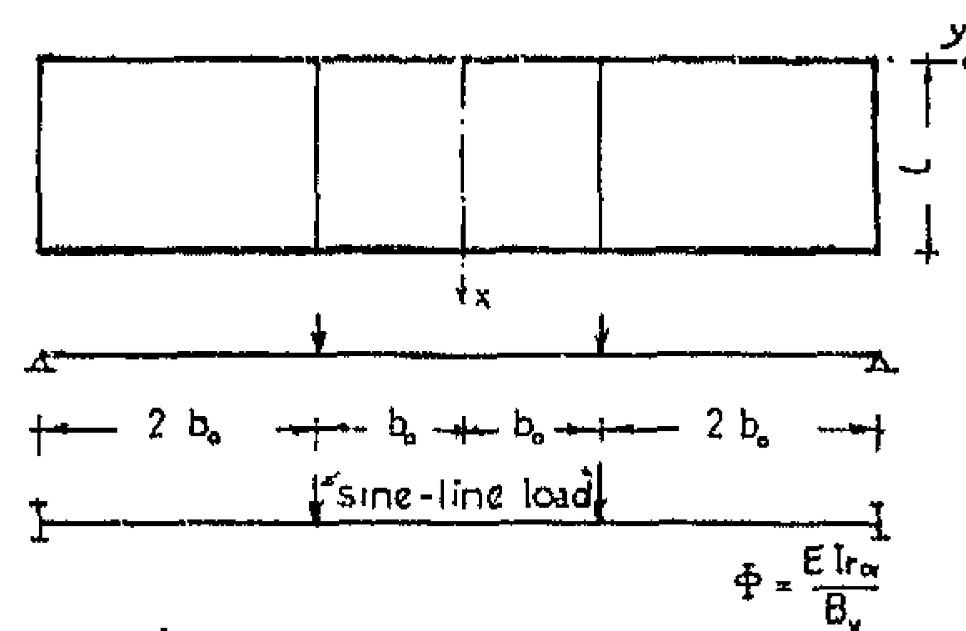
$\bar{q}_{2y(y=b_o)} = \sum \bar{K}_2 \cdot \sin ax$

Total reaction at edge $y=b_o$ from fields I, II

$\bar{q}_{y=b_o} = \sum (\bar{K}_1 - \bar{K}_2) \sin ax$

$= \sum \bar{K} \cdot \sin ax .$

( ) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER TWO LINE LOADS AT $Y = \mp b_o$



The constants of integration of a rectangular orthotropic plate simply supported on two sides and has two edge beams of known stiffness on the other two sides, subjected to two symmetrical line loads are given by W. Cornelius

1st region : $0 < y < b_o$

$w_1 = \sum K \cdot \sin ax \,(A \cosh \vartheta\alpha y \cdot \cos \varphi\alpha y + D \sinh \vartheta\alpha y \cdot \sin \varphi\alpha y)$

2nd region; $b_o < y < 3b_o$

$w_2 = \sum K \cdot \sin ax \,(E \cdot \cosh \vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y + F \cdot \sinh \vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y + G \cosh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y + H \sinh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y)$

$N \cdot E = 2\left[2\Phi \sin 6\omega + \frac{3\varphi^2 - \vartheta^2}{\varphi}(1 - \cos 6\omega) - 4\varphi\right]\left[-\frac{1}{\varphi}\cosh\Omega \cdot \cos\omega - \frac{1}{\vartheta}\sinh\Omega \cdot \sin\omega\right] + 2\left[2\Phi \sinh 6\Omega + \frac{3\vartheta^2 - \varphi^2}{\vartheta}(\cosh 6\Omega - 1) + 4\vartheta\right]\left[-\frac{1}{\varphi}\sinh\Omega \sin\omega + \frac{1}{\vartheta}\cosh\Omega \cdot \cos\omega\right]$

$N \cdot H = 2\left[2\Phi \sin 6\omega - \frac{3\varphi^2 - \vartheta^2}{\varphi}(1 + \cos 6\omega) + 4\varphi\right]\left[\frac{1}{\varphi}\sinh\Omega \cdot \sin\omega - \frac{1}{\vartheta}\cosh\Omega \cdot \cos\omega\right] + 2\left[2\Phi \sinh 6\Omega + \frac{3\vartheta^2 - \varphi^2}{\vartheta}(\cosh 6\Omega + 1) - 4\vartheta\right]\left[-\frac{1}{\varphi}\cosh\Omega \cos\omega - \frac{1}{\vartheta}\sinh\Omega \cdot \sin\omega\right]$

$F = \frac{2}{\varphi} \cdot \sinh\Omega \cdot \sin\omega - \frac{2}{\vartheta} \cdot \cosh\Omega \cdot \cos\omega$

$G = \frac{2}{\varphi}\cosh\Omega \cdot \cos\omega + \frac{2}{\vartheta}\sinh\Omega \cdot \sin\omega$

$N = 2\Phi(\cosh 6\Omega + \cos 6\omega) + \frac{3\vartheta^2 - \varphi^2}{\vartheta}\sinh 6\Omega + \frac{3\varphi^2 - \vartheta^2}{\varphi} \cdot \sin 6\omega$

$A = E - E'$, $D = H - H'$

where : $E' = -\frac{2}{\varphi}\cosh\Omega \cdot \sin\omega + \frac{2}{\vartheta}\sinh\Omega \cdot \cos\omega$.

$H' = -\frac{2}{\varphi}\sinh\Omega \cdot \cos\omega - \frac{2}{\vartheta} \cdot \cosh\Omega \cdot \sin\omega$

$\Phi = \frac{EJ_r}{B_x} \cdot \alpha$

EJ_r = stiffness of edge cross beam.

For a plate supported on the 4-sides, we assume that the edge cross beams have infinite stiffnesses .

i.e $\Phi = \infty$

By differentation of the nominator and denominator of the expressions of E, H w.r.t Φ, we get :

$$E = \frac{2\sin 6\omega\left(-\frac{1}{\varphi}\cosh\Omega \cdot \cos\omega - \frac{1}{\vartheta} \cdot \sinh\Omega \cdot \sin\omega\right) + 2\sinh 6\Omega\left(-\frac{1}{\varphi}\sinh\Omega \cdot \sin\omega + \frac{1}{\vartheta} \cdot \cosh\Omega \cdot \cos\omega\right)}{\cosh 6\Omega + \cos 6\omega}$$

$$H = \frac{2\sin 6\omega\left(\frac{1}{\varphi}\sinh\Omega \cdot \sin\omega - \frac{1}{\vartheta} \cdot \cosh\Omega \cdot \cos\omega\right) + 2\sinh 6\Omega\left(-\frac{1}{\varphi} \cdot \cosh\Omega \cos\omega - \frac{1}{\vartheta}\sinh\Omega \cdot \sin\omega\right)}{\cosh 6\Omega + \cos 6\omega}$$

Fourier coefficient for a sine-line load

$K = \frac{P_o\, \ell^3}{A \cdot \pi^3 B_x} \cdot \sqrt[4]{\frac{B_x}{B_y}}$

A_{m_I}, D_{m_I} are obtained from case (4)

B_{m_I}, C_{m_I} are obtained from case (2)

From the condition of continuity we get :

$$K_m = K_o \cdot \frac{2\left[(-A_n\varphi + D_n\vartheta)\cosh\Omega \sin\omega + (A_n\vartheta + D_n\varphi)\sinh\Omega \cdot \cos\omega\right]}{(B_{m_I}\varphi + C_{m_I}\vartheta) - \left[(-A_{m_I}\varphi + D_{m_I}\vartheta)\cosh\Omega \cdot \sin\omega + (A_{m_I}\vartheta + D_{m_I}\varphi)\sinh\Omega \cdot \cos\omega\right]} = K_o \cdot K'$$

where

$$K_o = \frac{4p\,\ell^4}{\pi^5 B_x n^5}$$

$$M_y = \sum K_m \sin ax \cdot \alpha^2$$

COMPLETE SOLUTION OF CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

FIELD I

$$w_1 = w_{o_I} + w_{m_I}$$

$$= \sum K_o \cdot \sin ax\left[1 + (A_n + K'A_m)\cosh\vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y + (D_n + K'D_m)\sinh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y\right]$$

$$= \sum K_o \cdot \sin ax\,(1 + A_1\cosh\vartheta\alpha y\,\cos\varphi\alpha y + D_1 \cdot \sinh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y)$$

where

$$A_1 = -2 \cdot \frac{\left(\frac{\ell}{\delta} + \frac{K'}{\delta\,B_y}\right)\sinh\Omega \cdot \sin\omega + \cosh\Omega\cos\omega}{\cosh 2\Omega + \cos 2\omega}$$

$$D_1 = 2\,\frac{\left(\frac{\ell}{\delta} + \frac{K'}{\delta\,B_y}\right)\cosh\Omega\cos\omega - \sinh\Omega \cdot \sin\omega}{\cosh 2\Omega + \cos 2\omega}$$

$$w_1' = \alpha\sum K_o \cdot \sin ax\left[(-A_1\varphi + D_1 \cdot \vartheta)\cosh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y + (A_1 \cdot \vartheta + D_1 \cdot \varphi)\sinh\vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y\right]$$

$$w_1'' = \alpha^2\sum K_o \cdot \sin ax\left\{\left[A_1(\vartheta^2 - \varphi^2) + 2D_1\vartheta\varphi\right]\cosh\vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y + \left[-2A_1\vartheta\varphi + D_1(\vartheta^2 - \varphi^2)\right]\sinh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y\right\}$$

$$w_1'' = -a^2\sum K_o \cdot \sin ax\,(1 + A_1 \cdot \cosh\vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y + D_1 \cdot \sinh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y)$$

$$w_1''' = \alpha^3\sum K_o \cdot \sin ax\left\{\left[-A_1\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2) + D_1\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2)\right]\cosh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y + \left[A_1\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2) + D_1\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2)\right]\sinh\vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y\right\}$$

$$w''' = -a^2\alpha\sum K_o \cdot \sin ax\left[(-A_1\varphi + D_1\vartheta)\cosh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y + (A_1\vartheta + D_1\varphi)\sinh\vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y\right]$$

Equivalent shearing force $\bar{q}_{1y} = B_y \cdot w''' + (B_y \cdot \mu_x + 4C)\,w'''$

$$\bar{q}_{1y} = \sum K_o \cdot \sin ax\,(\bar{A}_1\cosh\vartheta\alpha y \cdot \sin\varphi\alpha y + \bar{B}_1\sinh\vartheta\alpha y \cdot \cos\varphi\alpha y)$$

where: $\bar{A}_1 = B_y \cdot \alpha^3\left[-A_1\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2) + D_1\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2)\right] - \left[a^2 \cdot \alpha(B_y \cdot \mu_x + 4C)(-A_1\varphi + D_1\vartheta)\right]$

$\bar{B}_1 = B_y \cdot \alpha^3\left[A_1\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2) + D_1\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2)\right] - \left[a^2\alpha(B_y\,\mu_x + 4C)(A_1\vartheta + D_1\varphi)\right]$

At edge $y = b_o$

Reaction:

$$\bar{q}_{y_1} = \sum K_o \sin ax\,(\bar{A}_1\cosh\Omega \cdot \sin\omega + \bar{B}_1\sinh\Omega\,\cos\omega)$$

FIELD II

$$w_2 = w_{o_{II}} + w_{m_{II}}$$

$$= \sum K_o \sin ax\left[1 + A_n\cosh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - 2b_o) + D_n \cdot \sinh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - 2b_o) + K' \cdot B_{m_1}\cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o) + K' \cdot C_{m_1}\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - b_o) + K' D_{m_1}\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o)\right]$$

$$w_2' = \alpha\sum K_o \cdot \sin ax\left[(-A_n\varphi + D_n\vartheta)\cosh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - 2b_o) + (A_n\vartheta + D_n\varphi)\sinh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - 2b_o) + K'(B_{m_1}\varphi + C_{m_1}\vartheta)\cosh\vartheta\alpha(y - b_o)\cos\varphi\alpha \cdot (y - b_o) + K'(B_{m_1}\vartheta - C_{m_1}\varphi)\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o) + K' \cdot D_{m_1}\varphi\sinh\vartheta\alpha(y - b_o)\cos\varphi\alpha(y - b_o) + K' \cdot D_{m_1}\vartheta \cdot \cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o)\right]$$

$$w_2'' = \alpha^2\sum K_o \sin ax\left\{\left[A_n(\vartheta^2 - \varphi^2) + 2D_n\vartheta\varphi\right]\cosh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - 2b_o) + \left[-2A_n\vartheta\varphi + D_n(\vartheta^2 - \varphi^2)\right]\sinh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - 2b_o) + K'\left[B_{m_1}(\vartheta^2 - \varphi^2) - 2C_{m_1}\vartheta\varphi\right]\cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o) + K'\left[2B_{m_1}\vartheta\varphi + C_{m_1}(\vartheta^2 - \varphi^2)\right]\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - b_o) + K' \cdot 2\vartheta\varphi\,D_{m_1}\cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - b_o) + K'(\vartheta^2 - \varphi^2) \cdot D_{m_1}\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o)\right\}$$

$$w''' = \sum K_o \sin ax\left\{\left[-A_n\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2) + D_n\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2)\right]\cosh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - 2b_o) + \left[A_n\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2) + D_n\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2)\right]\sinh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - 2b_o) + K'\left[B_{m_1}\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2) + C_{m_1}\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2)\right]\cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - b_o) + K'\left[B_{m_1}\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2) - C_{m_1}\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2)\right]\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o) + K' \cdot D_{m_1}\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2) \cdot \cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o) + K' \cdot D_{m_1}\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2) \cdot \sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - b_o)\right\}$$

At $y = b_o$:

$$w'''_{(y=b_o)} = \alpha^3\sum K_o \sin ax\left\{\left[A_n\varphi \cdot (3\vartheta^2 - \varphi^2) + D_n\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2)\right]\cosh\Omega \cdot \cos\omega - \left[A_n\vartheta \cdot (\vartheta^2 - 3\varphi^2) + D_n\varphi(3\vartheta^2 - \varphi^2)\right]\sinh\Omega \cdot \cos\omega + K'\left[B_{m_1}\varphi \cdot (3\vartheta^2 - \varphi^2) + C_{m_1}\vartheta(\vartheta^2 - 3\varphi^2)\right]\right\}$$

$$w'' = -a^2\sum K_o \cdot \sin ax\left[1 + A_n\cosh\vartheta\alpha(y - 2b_o)\cos\varphi\alpha(y - 2b_o) + D_n\sinh\vartheta\alpha(y - 2b_o)\sin\varphi\alpha(y - 2b_o) + K' \cdot B_{m_1}\cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o) + K' \cdot C_{m_1} \cdot \sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - b_o) + K' \cdot D_{m_1}\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o)\right].$$

$$w''' = -a^2 \cdot \alpha\sum K_o \cdot \sin ax\left\{(-A_n\varphi + D_n\vartheta)\cosh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - 2b_o) + (A_n\vartheta + D_n\varphi)\sinh\vartheta\alpha(y - 2b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - 2b_o) + K'(B_{m_1}\varphi + C_{m_1}\vartheta)\cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - b_o) + K'(B_{m_1}\vartheta - C_{m_1}\varphi)\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o) + K' D_{m_1}\varphi\sinh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \cos\varphi\alpha(y - b_o) + K' D_{m_1}\vartheta\cosh\vartheta\alpha(y - b_o) \cdot \sin\varphi\alpha(y - b_o)\right\}.$$

$$B_{m_1} = -\frac{\sinh 2\Omega_1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y}$$

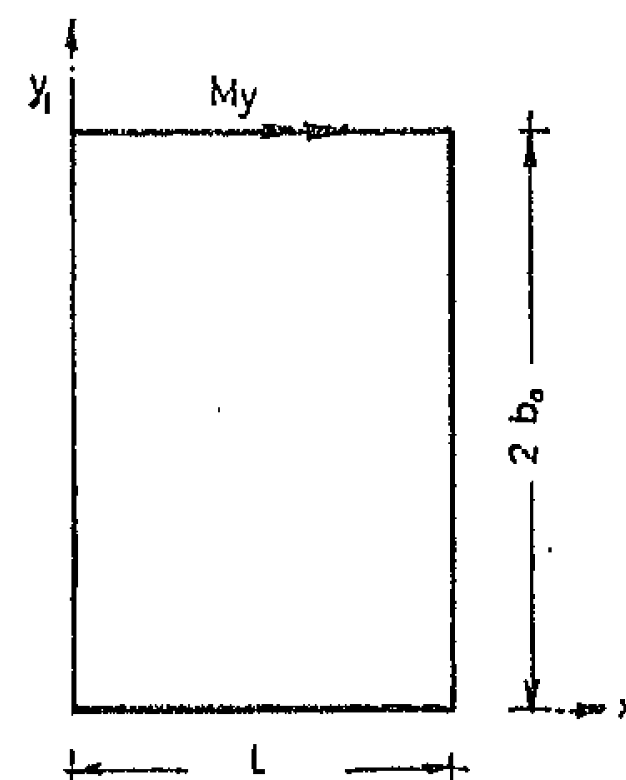
$$C_{m_1} = -\frac{\sinh 2\Omega_1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y} \cdot \frac{\cosh \Omega_1}{\sinh \Omega_1} \cdot \tan \omega_1 - \frac{1}{B_y \cdot \delta} \tan \omega_1$$

$$= \frac{\tan \omega_1}{B_y \cdot \delta} \left(\frac{2 \cosh^2 \Omega_1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1} - 1 \right)$$

$$= \frac{\tan \omega_1}{B_y \cdot \delta} \left(\frac{2 \cosh^2 \Omega_1 - \cosh 2\Omega_1 + \cos 2\omega_1 + 1 - 1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1} \right)$$

$$= \frac{1}{\delta \cdot B_y} \cdot \frac{\sin 2\omega_1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1}$$

3.) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER EDGE MOMENT AT $Y_1 = 2b_0$



Edge conditions :

at $y_1 = 0$: $w = 0$; $w'' = 0$

at $y_1 = 2b_0$: $w = 0$; $w'' = \frac{1}{B_y} \cdot M_y$

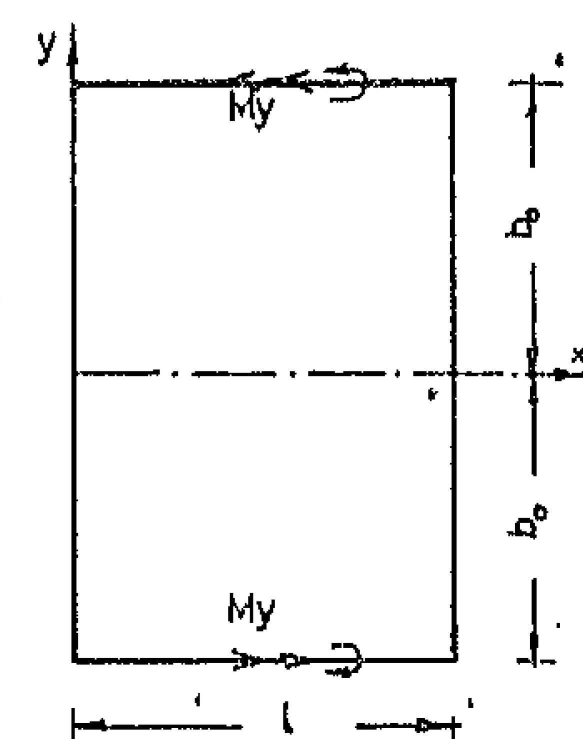
from which we get the constants

$A_{m_1} = D_{m_1} = 0$

$$B_{m_1} = \frac{2 \sinh \Omega_1 \cdot \cos \omega_1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y}$$

$$C_{m_1} = \frac{-2 \cosh \Omega_1 \cdot \sin \omega_1}{\cosh 2\Omega_1 - \cos 2\omega_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y}$$

4.) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER EDGE MOMENTS AT $Y = \pm b_0$



$$w = \sum K_m \sin ax \, (A_m \cosh \vartheta\alpha y \cdot \cos \varphi\alpha y + D_m \sinh \vartheta\alpha y \cdot \sin \varphi\alpha y)$$

$$w' = \sum K_m \sin ax \cdot \alpha \left[(-A_m \varphi - D_m \vartheta) \cosh \vartheta\alpha y \cdot \sin \varphi\alpha y + (A_m \vartheta - D_m \varphi) \sinh \vartheta\alpha y \cdot \cos \varphi\alpha y \right]$$

$$w'' = \sum K_m \sin ax \cdot \alpha^2 \left\{ \left[A_m (\vartheta^2 - \varphi^2) + 2 D_m \vartheta \varphi \right] \cosh \vartheta\alpha y \cos \varphi\alpha y + \left[-2 A_m \vartheta \varphi + D_m (\vartheta^2 - \varphi^2) \right] \sinh \vartheta\alpha y \cdot \sin \varphi\alpha y \right\}$$

Edge conditions

at $y = \pm b_0$: $w = 0$; $w'' = \frac{1}{B_y} \cdot M_y$

from which we get :

$$A_m = \frac{-2 \sinh \Omega \cdot \sin \omega}{\cosh 2\Omega + \cos 2\omega} \cdot \frac{1}{\delta \cdot B_y}$$

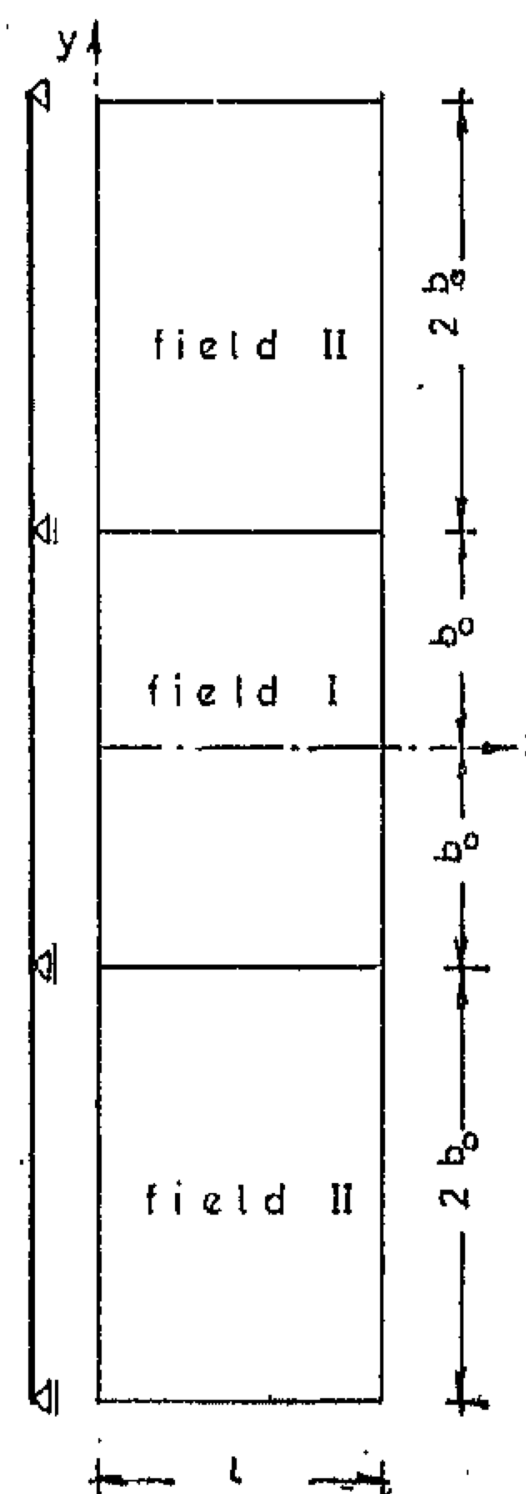
$$D_m = \frac{2 \cosh \Omega \cdot \cos \omega}{\cosh 2\Omega + \cos 2\omega} \cdot \frac{1}{\delta \, B_y}$$

5.) CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

FIELD I

The equations of the plate under uniformly distributed load and two edge moments at $y = \pm b_0$ are as given before in cases 1, 4.

FIELD II



a) PLATE SUBJECT TO DISTRIBUTED LOAD

Equation of the plate about x, y axes :

$$w = \frac{4p \, \ell^4}{\pi^5 \cdot B_x} \sum \frac{\sin ax}{n^5} \left[1 + A_n \cosh \vartheta\alpha (y - 2b_0) \cos \varphi\alpha (y - 2b_0) + D_n \sinh \vartheta\alpha (y - 2b_0) \sin \varphi\alpha (y - 2b_0) \right]$$

$$w' = \frac{4p \, \ell^4}{\pi^5 B_x} \sum \frac{\sin ax \, \alpha}{n^5} \left\{ (-A_n \varphi + D_n \vartheta) \cosh \vartheta\alpha (y - 2b_0) . \sin \varphi\alpha (y - 2b_0) + (A_n \vartheta + D_n \varphi) \sinh \vartheta\alpha (y - 2b_0) \cos \varphi\alpha (y - 2b_0) \right\}$$

The constants A_n, D_n are as obtained in case (1)

b) PLATE SUBJECT TO EDGE MOMENT AT $Y = b_0$

Equation of the plate about x, y axes

$$w = \sum K_m \sin ax \left\{ B_{m_1} \cosh \vartheta\alpha (y - b_0) . \sin \varphi\alpha (y - b_0) + C_{m_1} \sinh \vartheta\alpha (y - b_0) . \cos \varphi\alpha (y - b_0) + D_{m_1} \sinh \vartheta\alpha (y - b_0) . \sin \varphi\alpha (y - b_0) \right\}$$

$$w' = \sum K_m \sin ax . \alpha \left\{ (B_{m_1} \varphi + C_{m_1} \vartheta) . \cosh \vartheta\alpha (y - b_0) \cos \varphi\alpha (y - b_0) + (B_{m_1} \vartheta - C_{m_1} \varphi) \sinh \vartheta\alpha (y - b_0) . \sin \varphi\alpha (y - b_0) + D_{m_1} \varphi . \sinh \vartheta\alpha (y - b_0) . \cos \varphi\alpha (y - b_0) + D_{m_1} \vartheta \cosh \vartheta\alpha (y - b_0) . \sin \varphi\alpha (y - b_0) \right\}$$

The constants B_{m_1}, C_{m_1}, D_{m_1} are as given in case (2)

CONDITION OF CONTINUITY OF THE ELASTIC SURFACE

For the continuity of the elastic surface at edge $y = \pm b_0$ we should have : $\tau_{oI} + \tau_{mI} = \tau_{oII} + \tau_{mII}$

where : τ_{oI}, τ_{oII} slope angles due to uniformly distributed load in fields I, II

τ_{mI}, τ_{mII} slope angles due to edge moments in fields I, II

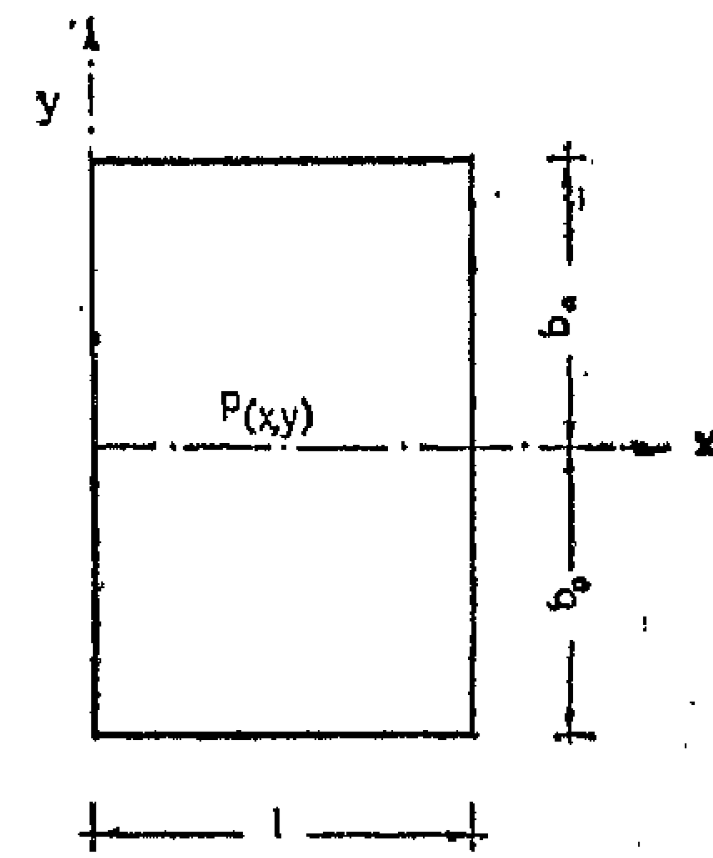
For equal field length : $\tau_{oI} = -\tau_{oII}$

$$\tau_{oI(y=b_0)} = \frac{4p \, \ell^4}{\pi^5 B_x} \sum \frac{\sin ax}{n^5} . \alpha \left[(-A_n \varphi + D_n \vartheta) \cosh \Omega . \sin \omega + (A_n \vartheta + D_n \varphi) \sinh \Omega . \cos \omega \right] = -\tau_{oII}$$

$$\tau_{mI} = \sum K_m \sin ax . \alpha \left[(-A_{mI} \varphi + D_{mI} \vartheta) \cosh \Omega . \sin \omega + (A_{mI} \vartheta + D_{mI} \varphi) \sinh \Omega . \cos \omega \right]$$

$$\tau_{mII} = \sum K_m \sin ax . \alpha \, (B_{mII} \varphi + C_{mII} \vartheta)$$

A_n, D_n are obtained from case (1)



Edge conditions :

at $y = \pm b_o$: $w = o$

at $y = \pm b_o$: $w'' = o$

from which we get :

$$A_n = -2\,\frac{\frac{\mathcal{H}}{\delta}\sinh\Omega\cdot\sin\omega + \cosh\Omega\cdot\cos\omega}{\cosh 2\Omega + \cos 2\omega}$$

$$D_n = 2\,\frac{\frac{\mathcal{H}}{\delta}\cosh\Omega\cdot\cos\omega - \sinh\Omega\cdot\sin\omega}{\cosh 2\Omega + \cos 2\omega}$$

From the coefficients of the Fourier-Series

$$K_n = \frac{4p\,\ell^4}{n^5 \cdot \pi^5\, B_x}$$

The solution will be

$$w = \frac{4p\,\ell^4}{\pi^5 B_x}\sum\frac{\sin ax}{n^5}\left[1 + A_n\cosh\vartheta\alpha y\cdot\cos\varphi\alpha y + D_n\cdot\sinh\vartheta\alpha y\cdot\sin\varphi\alpha y\right]$$

$$w' = \frac{4p\,\ell^4}{\pi^5 B_x}\cdot\alpha\sum\frac{\sin ax}{n^5}\left[(-A_n\cdot\varphi + D_n\cdot\vartheta)\cosh\vartheta\alpha y\cdot\sin\varphi\alpha y + (A_n\cdot\vartheta + D_n\cdot\varphi)\sinh\vartheta\alpha y\cdot\cos\varphi\alpha y\right]$$

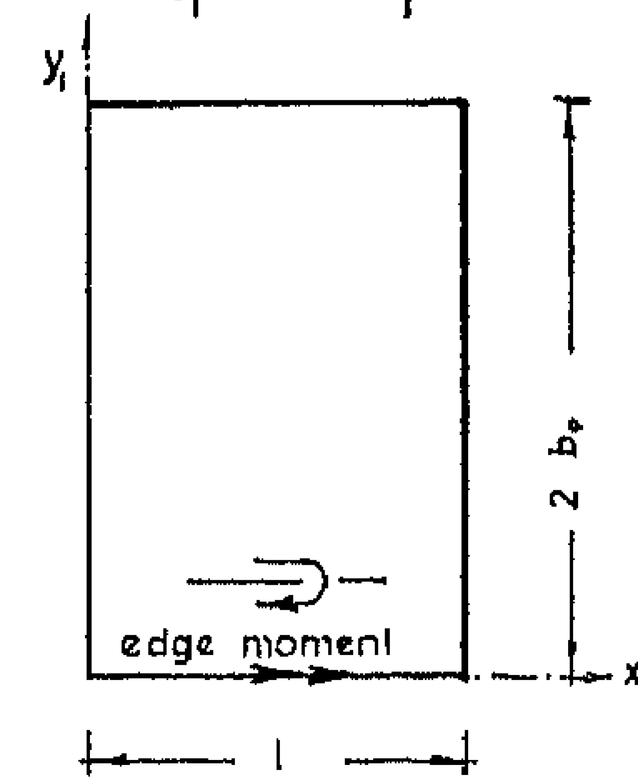
$$w'' = \frac{4p\cdot\ell^4}{\pi^5 B_x}\cdot\alpha^2\sum\frac{\sin ax}{n^5}\left\{\left[A_n(\vartheta^2-\varphi^2) + 2D_n\vartheta\varphi\right]\cosh\vartheta\alpha y\cdot\cos\varphi\alpha y + \left[-2A_n\vartheta\varphi + D_n(\vartheta^2-\varphi^2)\right]\sinh\vartheta\alpha y\cdot\sin\varphi\alpha y\right\}$$

2.) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER EDGE MOMENT AT $y_1 = o$

As the plate is not loaded perpendicular to its plane, i.e $p(x,y) = o$, so the homogeneous solution will be the final solution

$$w = \sum Y_{1,1}\cdot\sin ax\,(A_{m_1}\cdot\cosh\vartheta\alpha y_1\cdot\cos\varphi\alpha y_1 + B_{m_1}\cdot\cosh\vartheta\alpha y_1\cdot\sin\varphi\alpha y_1 + C_{m_1}\sinh\vartheta\alpha y_1\cdot\cos\varphi\alpha y_1 + D_{m_1}\cdot\sinh\vartheta\alpha y_1\cdot\sin\varphi\alpha y_1)$$

The edge moment will be analysed in a Fourier-Series



$$M_y = \sum K_m\cdot\alpha^2\cdot\sin ax$$

Edge conditions :

at $y_1 = o$: $w = o$ 1)

$B_y\cdot w'' = M_y$ 2)

at $y_1 = 2b_o$: $w = o$ 3)

$w'' = o$ 4)

From condition (1) we get : $A_{m_1} = o$

$$w' = \sum K_m\sin ax\cdot\alpha\left[(\varphi B_{m_1} + \vartheta C_{m_1})\cosh\vartheta\alpha y_1\cdot\cos\varphi\alpha y_1 + (\vartheta B_{m_1} - \varphi C_{m_1})\sinh\vartheta\alpha y_1\cdot\sin\varphi\alpha y_1 + \vartheta D_{m_1}\cosh\vartheta\alpha y_1\cdot\sin\varphi\alpha y_1 + \varphi D_{m_1}\sinh\vartheta\alpha y_1\cos\varphi\alpha y_1\right]$$

$$w'' = \sum K_m\cdot\sin ax\cdot\alpha^2\left\{\left[B_{m_1}(\vartheta^2-\varphi^2) - 2C_{m_1}\vartheta\varphi\right]\cosh\vartheta\alpha y_1\cdot\sin\varphi\alpha y_1 + \left[2B_{m_1}\vartheta\varphi + C_{m_1}(\vartheta^2-\varphi^2)\right]\sinh\vartheta\alpha y_1\cdot\cos\varphi\alpha y_1 + 2\vartheta\varphi D_{m_1}\cosh\vartheta\alpha y_1\cdot\cos\varphi\alpha y_1 + (\vartheta^2-\varphi^2)D_{m_1}\sinh\vartheta\alpha y_1\,\sin\varphi\alpha y_1\right\}$$

From condition (2) we get :

$$\frac{1}{B_y} = 2\vartheta\varphi D_{m_1}$$

with $\delta = 2\vartheta\varphi$, then $D_{m_1} = \dfrac{1}{B_y\cdot\delta}$

From condition (3) and substituting :

$\Omega_1 = 2\,\vartheta\alpha b_o$

$\omega_1 = 2\,\varphi\alpha\, b_o$

$\mathcal{H} = \vartheta^2 - \varphi^2$

we get :

$$B_{m_1}\cosh\Omega_1\cdot\sin\omega_1 + C_{m_1}\cdot\sinh\Omega_1\cdot\cos\omega_1 = -\frac{1}{B_y\cdot\delta}\cdot\sinh\Omega_1\cdot\sin\omega_1$$

Or $C_{m_1} = -B_{m_1}\coth\Omega_1\cdot\tan\omega_1 - \dfrac{1}{B_y\cdot\delta}\tan\omega_1$

From condition (4) :

$$(\mathcal{H}\cdot B_{m_1} - \delta\cdot C_{m_1})\cosh\Omega_1\cdot\sin\omega_1 + (\delta B_{m_1} + \mathcal{H}C_{m_1})\sinh\Omega_1\cdot\cos\omega_1 + \frac{1}{B_y\cdot\delta}\cosh\Omega_1\cdot\cos\omega_1 + \frac{\mathcal{H}}{\delta\cdot B_y}\cdot\sinh\Omega_1\cdot\sin\omega_1$$

i.e :

$$\mathcal{H}\,B_{m_1}\cosh\Omega_1\cdot\sin\omega_1 + \delta\cdot B_{m_1}\frac{\cosh^2\Omega_1\cdot\sin^2\omega_1}{\sinh\Omega_1\cdot\cos\omega_1} + \frac{1}{B_y}\cosh\Omega_1\frac{\sin^2\omega_1}{\cos\omega_1} + \delta\,B_{m_1}\sinh\Omega_1\cdot\cos\omega_1 - \mathcal{H}\cdot B_{m_1}\cosh\Omega_1\cdot\sin\omega_1 - \frac{\mathcal{H}}{B_y\cdot\delta}\cdot\sinh\Omega_1\cdot\sin\omega_1 + \frac{1}{B_y}\cosh\Omega_1\cdot\cos\omega_1 + \frac{\mathcal{H}}{\delta\cdot B_y}\cdot\sinh\Omega_1\cdot\sin\omega_1 = o$$

Or :

$$B_{m_1}\cdot\delta\left(\frac{\cosh^2\Omega_1\cdot\sin^2\omega_1}{\sinh\Omega_1\cdot\cos\omega_1} + \sinh\Omega_1\cdot\cos\omega_1\right) = \frac{-\cosh\Omega_1\cdot\cos\omega_1}{B_y}\left(1 + \frac{\sin^2\omega_1}{\cos^2\omega_1}\right)$$

$$B_{m_1}\cdot\delta\cdot B_y\left(\cosh^2\Omega_1\cdot\sin^2\omega_1 + \sinh^2\Omega_1\cdot\cos^2\omega_1\right) = -\cosh\Omega_1\cdot\sinh\Omega_1$$

$$B_{m_1}\delta\cdot B_y\left[(2\sinh^2\Omega_1 + 1) - (1 - 2\sin^2\omega_1)\right] = -2\cosh\Omega_1\cdot\sinh\Omega_1$$

$\alpha = a \sqrt[4]{\frac{B_x}{B_y}}$

$\varphi = \sqrt{\frac{1}{2}(1-\varkappa)}$ $\qquad$ $\vartheta = \sqrt{\frac{1}{2}(1+\varkappa)}$

$\vartheta^2 - \varphi^2 = \varkappa$ $\qquad$ $\delta = 2\vartheta\varphi$

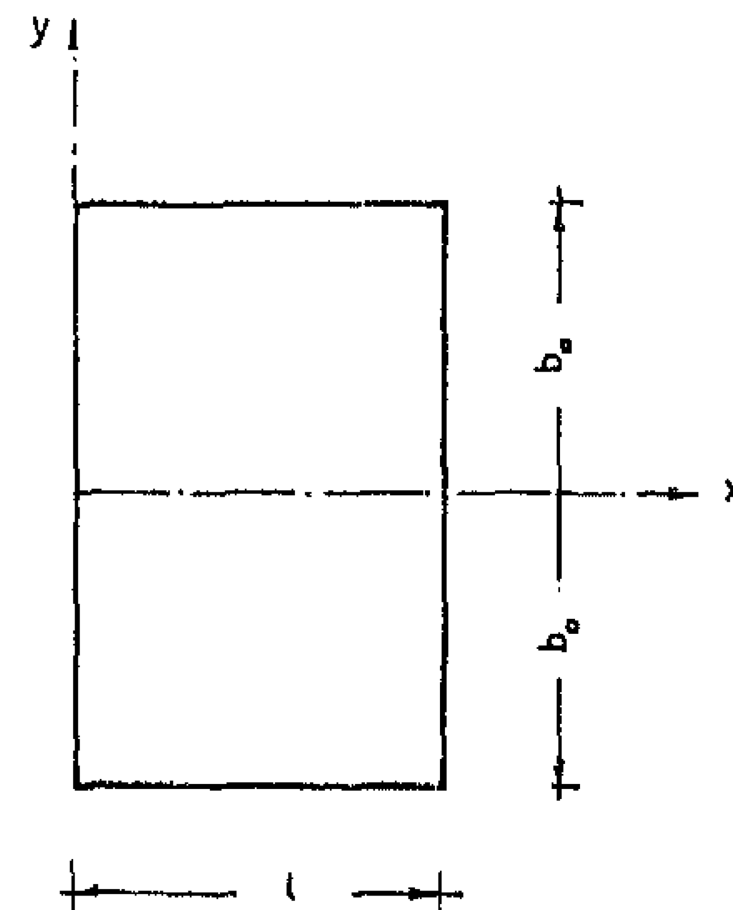
$\Omega = \vartheta\alpha b_o$ $\qquad$ $\Omega_1 = 2\vartheta\alpha b_o$

$\omega = \varphi\alpha b_o$ $\qquad$ $\omega_1 = 2\varphi\alpha b_o$

$K_n = \frac{K'}{a^4 . B_x}$ where K' coefficient of Fourier-Series

$\nu = o$ for ripped plate.

SOLUTION OF THE HOMOGENEOUS EQUATION



For the solution of the homogeneous equation

$B_x w'''' + 2Hw'''' + B_y w'''' = o$

We can use the expression

$w_n = C_n . e^{\beta y} . \sin ax$

where:

$\beta = ma$

$w'''' = a^4 . C_n . e^{\beta y} \sin ax$

$w'''' = -m^2 a^4 . C_n . e^{\beta y} \sin ax$

$w'''' = m^4 a^4 C_n . e^{\beta y} \sin ax.$

$B_x . w'''' + 2Hw'''' + B_y . w'''' = o = a^4 . C_n . e^{\beta y} \sin ax (B_x - 2Hm^2 + B_y m^4)$

This expression is applicable for each point (x,y) in the plate and as $C_n \neq o$ then.

$B_x - 2H.m^2 + B_y . m^4 = o$

$\therefore m = \pm \sqrt{\frac{H}{B_y}(1 \pm \sqrt{1 - \frac{B_x . B_y}{H^2}})}$

with $\beta = ma$ and $\alpha = a . \sqrt[4]{\frac{B_x}{B_y}}$ the four roots of β are, $\beta = \pm(\vartheta \pm i\varphi)$

$w = [c_1 . e^{\alpha(\vartheta + i\varphi).y} + c_2 . e^{\alpha(\vartheta - i\varphi).y} + c_3 . e^{-\alpha(\vartheta + i\varphi).y} + c_4 . e^{-\alpha(\vartheta - i\varphi).y}] \sin ax.$ By substituting

$e^{\pm i\varphi\alpha y} = \cos\varphi\alpha y \pm i \sin\varphi\alpha y$

$e^{\pm\vartheta\alpha y} = \cosh\vartheta\alpha y \pm \sinh\vartheta\alpha y$

$w = K_n [A_n \cosh\vartheta\alpha y . \cos\varphi\alpha y + B_n \cosh\vartheta\alpha y \sin\varphi\alpha y + C_n \sinh\vartheta\alpha y . \cos\varphi\alpha y + D_n \sinh\vartheta\alpha y . \sin\varphi\alpha y] \sin ax.$

K_n is obtained by representing the load in a Fourier-Series.

PARTICULAR SOLUTION

The particular solution for the regions where $p(x, y) \neq o$ will be

$w^* = w_o \Sigma K' . \sin ax.$

If the load is constant in the y-direction, then w_o is constant and all derivatives w.r.t $y = o$ i.e

$w'''' = w'''' = o$

$w'''' = \Sigma a^4 . w_o . B_x . K' \sin ax$

$= p(x)$

If the load $p(x)$ is analysed in a Fourier-Series as an even function

$p(x) = \Sigma K' . \sin ax$, then

$w_o = \frac{1}{a^4 . B_x}$

$w^* = \frac{1}{a^4 . B_x} \Sigma K \sin ax$

$= \Sigma K_n . \sin ax$

The final solution for the plate will be

$w = w_{hom.} + w_{par.}$

$w = \Sigma K_n (1 + A_n . \cosh\vartheta\alpha y . \cos\varphi\alpha y + B_n . \cosh\vartheta\alpha y . \sin\varphi\alpha y + C_n . \sinh\vartheta\alpha y . \cos\varphi\alpha y + D_n . \sinh\vartheta\alpha y . \sin\varphi\alpha y) \sin ax.$

where: $K_n = \frac{K'}{a^4 . B_x}$

K' = coefficient of Fourier - Series.

1) RECTANGULAR ORTHOTROPIC PLATE UNDER UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD

The plate is about the x-axis symmetrical, and symmetrically loaded, then

$B_n = C_n = o$

CONTINUOUS ORTHOTROPIC PLATE OVER ELASTIC SUPPORTS

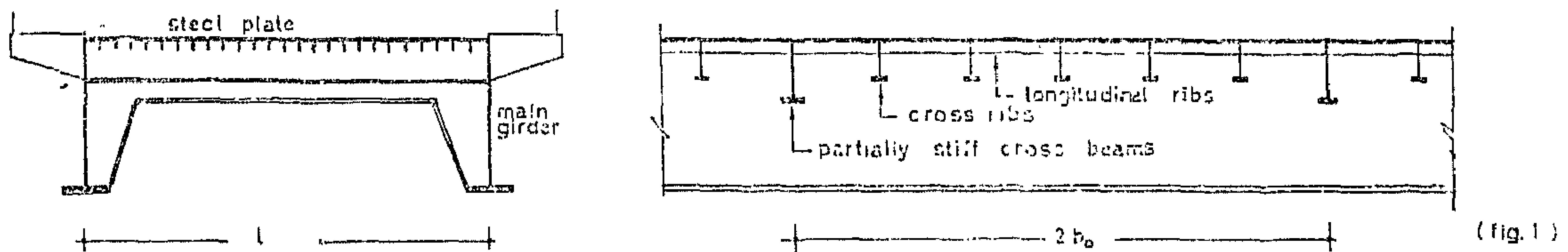
by

Dr.-Ing. KAMAL HASSAN

Lecturer, Faculty of Engineering, Ain Shams University.

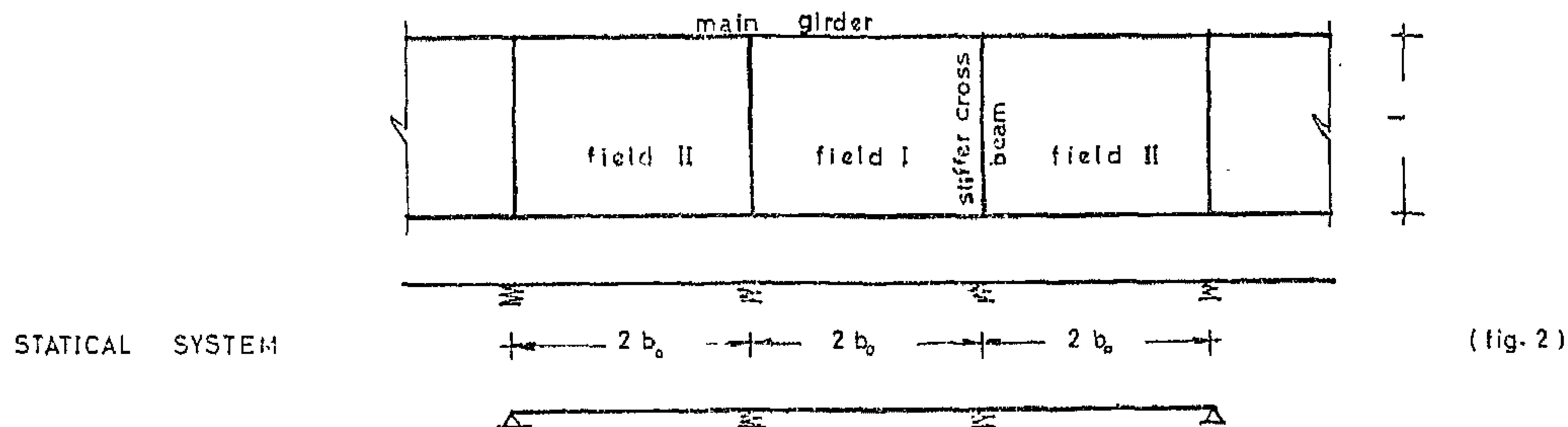
INTRODUCTION

There is a growing interest in the use of orthotropic bridge design and construction, a syst. now commonly used in Europe. With conventional bridge structures, the three main elements (longitudinal main girders, transverse floor beams, and longitudinal stringers) all act independently of each other. Usually a 20 cm thick reinforced concrete slab distributes the applied loads. In contrast all elements of the orthotropic structure work together. (fig. 1)



(fig. 1)

The new floor system consists of a steel deck plate serving as the top flange for: a) the longitudinal main girder. b) the transverse floor beams and c) the longitudinal ribs. The plate will be stiff enough to resist traffic loads on the bridge. It needs only a 5mm thick bitumenous isolating material and a 5 cm thick asphalt layer to improve the driving conditions. The dead load of such a floor construction weighs only about 25% of the conventional concrete floor. This weight-saving is such a tremendous advantage on long span bridges that orthotropic design is rapidly replacing truss design on bridges having spans of 100m or more. At some pannel points of the bridge stiffer cross beams are arranged. The steel plate is treated in this case as a continuous orthotropic plate supported on two sides on the assumed rigid main girders and continuous over partially stiff cross beams. We will deal here with a plate of 3 spans supported over two intermediate elastic supports, (fig. 2)



(fig. 2)

The differential equation of the orthotropic plate according to Huber : $B_x w'''' + 2H w'''' + B_y w'''' = p(x,y)$, where ( )' derivative w.r.t x ( )' derivative w.r.t y . The solution of this equation will be composed of: 1- Solution of the homogeneous equation where $p(x,y)=0$, i.e. for unloaded parts of the plate. 2-Particular solution.

NOTATIONS

B_x, B_y Stiffness of the plate in x, y directions

$H = \mathcal{X}\sqrt{B_x B_y}$ Torsional stiffness

$p(x,y)$ Loading on the plate

l Span of the plate in x-direction

$2b_0$ Span of the plate in y-direction.

$a = \frac{n\pi}{l}$; n= 1,2,3 .... etc.

12) W.P. Dumke, "Properties and mechanisms of GaAs Injection Lasers", Paper presented at the Symposium on Optical Masers Polytechnic Institute of Broklyn New York; 1963.

13) W.R. Hinchman and A.L. Buck : "Fluctuations in Laser Beam over 9— and 90 mile paths", Proc. IEEE, Correspondence, vol. 52, No. 3, pp. 305-306; March, 1964.

14) D.G.C. Luck : "Some Factors Affecting Applicability of Optical-Band Radio to Communication", RCA Review vol. 22, No. 3, pp. 359-410; September, 1961.

15) B.M. Oliver : "Some potentialities of Optical Masers", Proc. IRE, vol. 10, No. 2. pp. 135-141; February 1962.

16) D.D. Matulka : "Application of Lasers to Digital Communications", IRE Trans. on Aerospace and Navigation Electronics, pp. 104-109, June 1962.

17) F.J. McClung and R.W. Hellwarth "Giant Optical Pulsations from Ruby", Appl. Phys. vol. 33, pp. 828-829; 1962.

18) R.H. Blumenthal : "Design of a Microwave-Frequency Light Modulator", Proc. IRE, vol. 50, No. 4, pp. 452-456; April, 1062

19) H. Bosc : "Principal Uses of Coherent Light", Electrical Communication, Vol. 37, No. 4, pp. 360-366; 1962.

20) B.G. Goldstein and J.D. Welch : "Microwave Modulation of a GaAs Injection Laser", Proc. IEEE (Correspondence) Vol. 52, No. 6, p. 715; Jue, 1964.

21) R. Targ : "Optical Hetrodyne Detection of Microwave-Modulated Light", Proc. IEEE, (correspondence), vol. 52, No. 3, pp. 303-304 March, 1964.

22) L.K. Anderson : "Photodiode Detection", Paper presented at the Symposium on Optical Masers Polytechnic Institute of Broklyn, New York; 1963.

23) G. Lucovsky M. E. Lasser and R. B. Emmons : "Coherent Light Detection in Solid-State Photodiodes", Proc. IEEE, vol. 51, No. 1, pp. 166-173; January 1963.

24) H. S. Sommers, Jr. : "Demodulation of Law-level Broad-Band Optical Signals with Semiconductors" abid, pp. 140-146.

condition. The frequency of the pulser is governed by the thermal limits of the device and the required sampling rate.

5. *Detection:*

Commonly used methods of detection are photomultipliers and travelling wave photo tubes. The bandwidth of the first is of the order of 100 Mc while for the second it is at least few Gc. Both however are far from matching the broad band capabilities of the Laser.

Although the heterodyne mode of operation is inherently capable of greater sensitivity[21], the practical problems of optical superhetrodyne operation, in particular the problem of maintaining the relative spatial coherence of the signal and local oscillator, are formidable[22]. Therefore the low-level direct detection by simple square-law detector will find widespread use at optical frequencencies in the same way that the microwave video detector crystal has at the lower frequencies. Semiconductor diode detectors with high quantum efficiency have been reported[23, 24] to be successful to modulation frequencies in the microwave range below 10 Gc.

V. *Conclusion:*

As seen, the laser as a device, as well as its application offers a lot of diverse fields of investigations. Being still in its infancy, it appears that its capabilities have just been touched, and much more is expected as time goes by. It is highly interesting to notice that the laser bridges the gap between the electrical engineer and the physicist since it makes the visible range of the spectrum, for the first time ever since, as useful to the communication engineer as the microwave or the RF.

Among a countless possibilities and in addition to what has been mentioned so far one can add its promissing importance in military applications such as for example "Laser Guns".

REFERENCES

1) J.P. Gordon, H. J. Zeiger, and C.H. Townes : Phys. Rev. vol. 99, p. 1264; 1955.

2) A.L. Schawlow and C.H. Townes : "Infrared and optical masers", Phys. Rev. vol. 112, pp. 1940-1949; Dec., 1958.

3) T.H. Maiman : "Stimulated optical radiation in ruby masers", Nature. vol. 187, pp. 493-494; August 1960.

4) A. Javan, W.B. Bennett, Jr. and D.R. Herriot : "Population inversion and continuous optical maser oscillation in a gas discharge containing a He-Ne mixture," Phys. Rev. Lett. vol. 6, pp. 106-110; 1961.

5) A.L. Schawlow : "Optical Masers", Scientific American, vol. 204, No. 6, pp. 52-61; June 1961.

6) B.A. Lengyel : "Lasers" (Book) John Wiley and Sons, Inc., N.Y.; 1962.

7) A. Yariv and J.P. Gordon : "The Laser", Proc. IEEE, vol. 51, No. 1, pp. 4-29, January 1963.

8) A. Yariv : "Energy and Power Considerations in Injection and Optically Pumped Lasers", Proc. IEEE, vol. 51, No. 12, pp. 1723-1931; December 1963.

9) C. Bowness and D.V. Missio : "Pulsed Solid State Lasers", Raytheon Electronic Progress, Vol. VII, No. 4, pp. 3-6, Jan.-Feb. 1963.

10) J.M. Lavine et al. : "GaAs Injection Lasers", abid, pp. 17-20.

11) G. Burns and M.I. Nathan : "P-N Junction Lasers", Proc. IEEE, Vol. 52, No. 7, pp. 770-795; July 1964.

workable devices have been reported in the literature which are still far from achieving the desired goal.

One of the well known modulators is the nitrobenzene Kerr cell[6]. The application of a voltage between the plates of the cell results in the rotation of the plane of polarization, consequently it acts as an electro-optical shutter. It has been used successfully by McClung and Hellwarth[17] to shorten the duration of the ruby pulse and remove the inherent spikes. However, the Kerr cell shutter, which uses bipolar liquids posses several problems such as excessive dissipation power at microwate frequencies, in addition to leakage, decomposition and toxicity problems which make them less versatile in their application than the more modern solid state equivalents. These are made with ammonium dihydrogen phosphate (ADP), or potassium dihydrogen phosphate (KDP) crystals.

Fig. 10 is a schematic diagram showing a typical light modulator scheme in which the intensity of a light beam passing through on (ADP) crystal is modulated at microwave frequencies. When a modulating voltage is applied between the crystal faces, elliptically-polarized light in general emerges from the crystal because the incident plane-polarized beam is split into two mutually perpendicular components which travel with different velocities within the crystal. Consequently the analyzer passes a periodically varying amount of light, over a cycle, to the detector. The quarter-wave plate shown in the figure is equivalent optically to baising the crystal to operate within the linear portion of its characteristic. It is necessary, however that the plate's principal axis of refraction be parallel to the birefringent axes of the crystal. Modulating voltages are unfortunately of the order of 17 kilovolts. The high losses which develop in the crystal at such voltages and frequences limits their use to the transmission of pulse coded information.

The semiconductor injection lasers, on the othre hand, are much simpler to modulate since the lasing action is directly controlled by the current passing through the junction. Moreover the relatively short recombination life time in the stimulated emission mode (smaller than 10^{-9} sec for GaAs lasers) makes it possible to modulate these lasers at microwaves frequencies. Recently a modulation frequency of 2Gc has been achieved at Lincoln Lab.[20] To achieve high power outputs, however it is always advantageous to operate the laser in a pulsed mode. Fig. 11 shows a typical modulation system of semiconductor injection lasers. The function of the pulser is to drive the diode into lasing

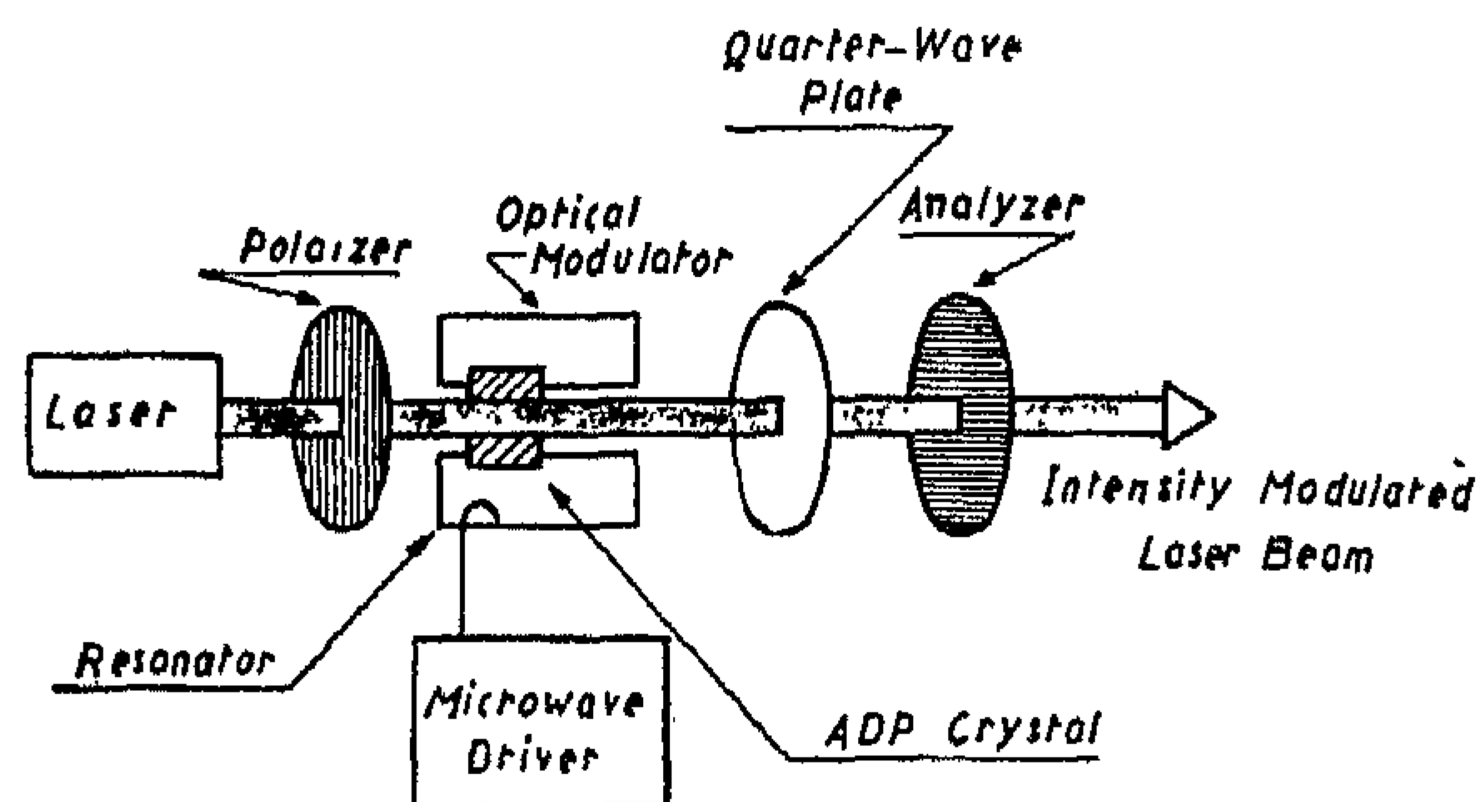


FIG. 10 — ELECTPO-OPTIC LIGHT MODULATION SCHEME

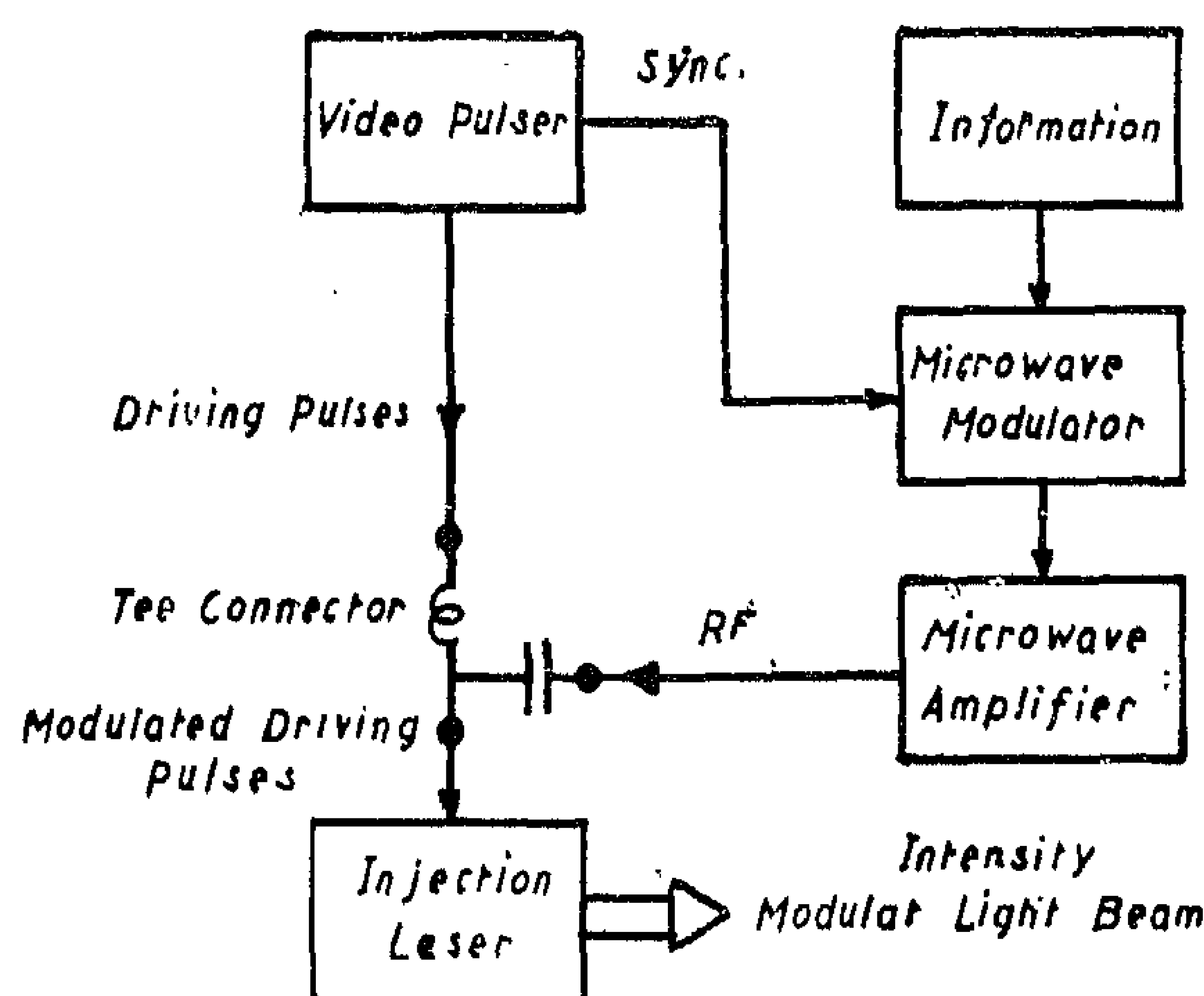


FIG. 11 — PULSE MODULATION SCHEME FOR INJECTION LASERS.

The received power, except for δ, increases as the square of the signal frequency. On the otherhand δ is a difficult function to evaluate and its statistical properies is a current point of research[14]. Complicating factors arise from the fact that atmospheric disturbances, clouds, fog, rain and snow, scatter the beam causing enormous attenuation. Even in clear weather, the inequalities of temperature of different layers of air with the consequent variations in their refractive indexes curve the path of the light beam thereby neccssitating the use of sensitive tracking arrangment between transmitter and receiver. Outside the lower regions of the earth's atmosphere ideal conditions of optical clarity prevail. Hence, with the development of practical methods of modulation and detection, the laser beam is an ideal medium for inter-satellite communication.

To secure reliable communication, propagation of laser beams within a pipe composed of straight sections joined by bends with reflecting mirrors and filled with clear and homogenous atmosphere under pressure have been considered. However, such proposition is relatively expensive and can only be practical for very short distances.

3. *Noise :*

Thermal noise, a problem at lower frequencies, becomes neglegible in the optical region of the spectrum. Quantum noise, then imposes the only signal interference inherent in the optical equipment. This noise is caused by the random arrival of the photons at the receiver. It is of course also present in RF links but, in most practical cases, is much lower than other sources of noise and is therefore not generally considered.

Assuming a Poissons distribution for the photons arriving at the receiver, one can easily calculate[16] the predetection, (denoted by subscript ND) SNR as :

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{ND} = \left(\frac{P_R}{2h\,\nu\Delta F}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (12)$$

where ΔF is the band width

With a square low photo detector of photononio efficiency η the postdetection (denoted by subscritpt PD) SNR, when the dectector dark current is neglected, is given by :

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{PD} = \frac{\eta\, P_R}{2h\nu\Delta F} \qquad (13)$$

From (11) and (13) the postdetection SNR reduces to the form :

$$\frac{S}{N} = \frac{8\ \delta\ \eta\ P_t A_t A_r}{\pi^2\ \lambda^2 h\ R\ \nu\Delta F} \qquad (14)$$

This indicates that except for possible variation of δ and η with frequency, the postdetection SNR increase with the first power of *frequency. The practical limits to this improvement* with frequency lie basically in signal degeneration by atmospheric turbulance (changes of δ with frequency).

Most kinds of external interference are negligible in the optical region[15]. Thunderstorms produce noise only up to a few Mc. Cosmic noise is troublesome from a few tens of Mc to several hundred Mc. The atmosphere becomes able to radiate in the Gc range and becomes a strong source of noise through a few Tc. The only important external source of interference, however, is the sun. Its peak emission is at 340 Tc and it lays down about 1 kw per square meter at the earth's surface over a band 500 Tc wide. Hence protecting the receiving antenna (telescope or collecting mirror) against extraneous light and using both very directive input optics and a narrowband interference-type filter, routine daylight operation would be possible over great distances.

4. *Modulation :*

A pressing problem for the full utilization of the potentialities of laser in communication is the development of methods for wide band modulation. Much theoretical work has been done on possible modulation schemes, but few

strength and small beam angle ($\sin \Theta \simeq \Theta$) follows the expression : [14, 15]

$$\frac{I}{I_0} = \left\{ 2 \frac{J_1 (\pi\Theta/\Theta_0)}{(\pi\Theta/\Theta_0)} \right\}^2 \qquad (7)$$

where I_0 is the maximum peam intensity at the center of the pattern, J_1 is the Bessel function of the first kind and first order and

$$\Theta_0 = \frac{\lambda}{D} \qquad (8)$$

with λ the wave length and D the source diameter. Expression (7) is represented graphically in Fig. 8 from which can be seen that

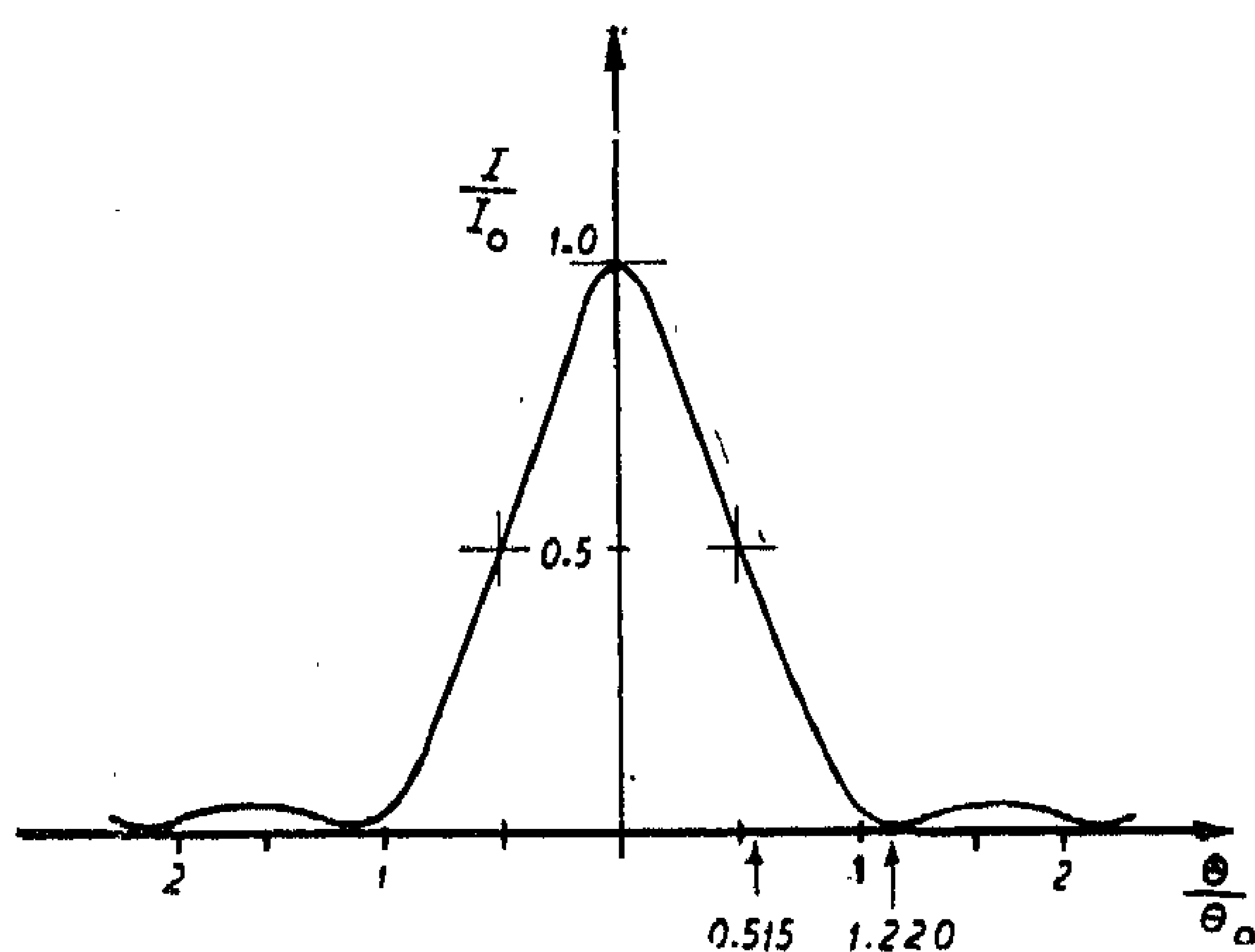


FIG. 8 — BEAM INTENSITY PATTERN.

the width at half intensity is $1.029\Theta_0$. It follows that the beam solid angle is given by :

$$\Omega \simeq \frac{\Pi\Theta_0^2}{4} \text{ steradians} \qquad (9)$$

With a source area A_t and wave length λ (same units) (9) reduces to the form :

$$\Omega \simeq \left(\frac{\Pi}{4}\right)^2 \frac{\lambda^2}{A_t} \text{ steradians} \qquad (10)$$

This shows that for a parallel beam the ratio of the wave length to the cross section the beam be as small as possible.

This suggests a transmitting and receiving antennas in the form of an astronomical telescope Fig. 9, provided that the optics remain diffraction limited. Therefore with a transmitter power P_t wavelength λ, area of transmitting antenna A_t and range R, the received power (P_r) is given by :

$$P_r = \delta \frac{P_t A_r}{\Omega R^2}$$

$$= \delta P_t \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \frac{A_t A_r}{\lambda^2 R^2} \qquad (11)$$

where A_r = area of the receiving antenna
δ = optical transmission of the atmosphere.

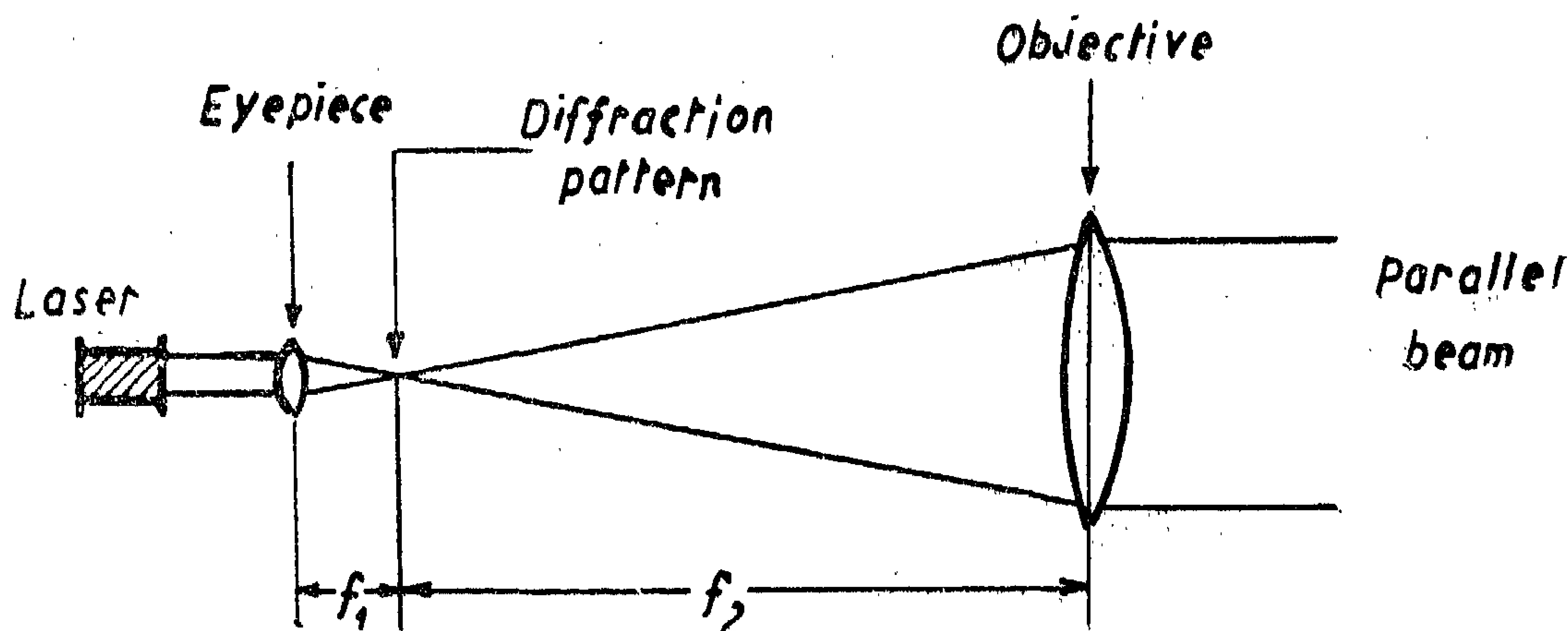


FIG.9-AN ASTRONOMICAL TELESOPE.

minated with optical flates oriented at the Brewster angle to minimize reflections. Several permitted transitions have been observed in the He-Ne gas Laser. The strongest emissions takes place at 1.153 and 3.39 microns.

The gas laser is, in sharp contrast to solid lasers, a truely continuous device which can radiate milliwatts of cohorent radiation for indefinitely long periods. It is extraordinarily monochromatic, the band width being typically of the order of 10^{-7} A°. The frequency stability is very sensitive to any influence, thermal or accustic, which can slightly vary the optical distances.

Before concluding this section it is important to note that other gas laser systems have been reported with helium, neon, argon, krypton, xenon, oxygen and cesium as the emitting atoms. Also high photon amplification have been achieved (for example the 2.03 micron output from He-Xe mixture), conseuently it is possible to fabricate gas lasers with dimensions comparable to those of solid lasers. Moreover it is possible to realize an optical amplifier (excited gas mixture without mirrors) which may be of great importance in future applications of lasers specially in the communication field.

IV. *Lasers in Communication.*

1. *Possible Applications :*

Lasers, nowadays, are applied in a wide range of fields including manufacturing, medicine, biology, chemistry, metrology, ... as well as in communication. It is the last application that interest us at the moment.

The CW low powered laser has two important properties that are relevant in the field of communications. First, the coherence and collimation of the laser output permits focusing to extremely narrow beam widths. This fact is essential for the transmission of substantial amounts of energy over considerable distances. Therefore will provide the capability for point-to-point communication over stellar distances. Moreover the high directivity also is important for high security communication systems and anti-jam capabilities since the receiver or transmitter must be in line with the laser in order to intercept the extremely narrow laser beam. For terrestial communications, scattering and refraction due to atmosphere, rain and cloud appear, at present, to be against the realization of adequate range. Countless number of laboratories[13], however, are in active study to overcome these difficulties.

The second property is related to the extremely-high frequency of the device. The step from microwaves to the optical region expands the available bandwidth by a factor of 10^4 or more. Hence the laser will provide information rates several orders of magnitude greater than presently attainable. However, it remains to develop practical methods for broad band modulation and detection, as well as revolutionary developments in presently available data-handling and processing equipment.

The high powered pulse laser, on the other hand, with its extremely high intensity and narrow beam width is useful for altimeters and range-finding radars. Improvement in the monochromaticity (time coherence) will certainly lead also to the development of high precision Doppler radar. In such radars the frequency shift, which varies directly as the velocity of the moving body and the frequency of the impinging radiation, will be orders of magnitude higher than can be attained by existing microwave Doppler techniques. Thereby allowing better speed mesurement to an accuracy of 0.001 miles per hour or even better.

2. *Propagation characteristics :*

From diffractin theory, one can easily show that the light distribution on a plane parrallel to and at a great distance from a circular source of coherent plane waves of uniform

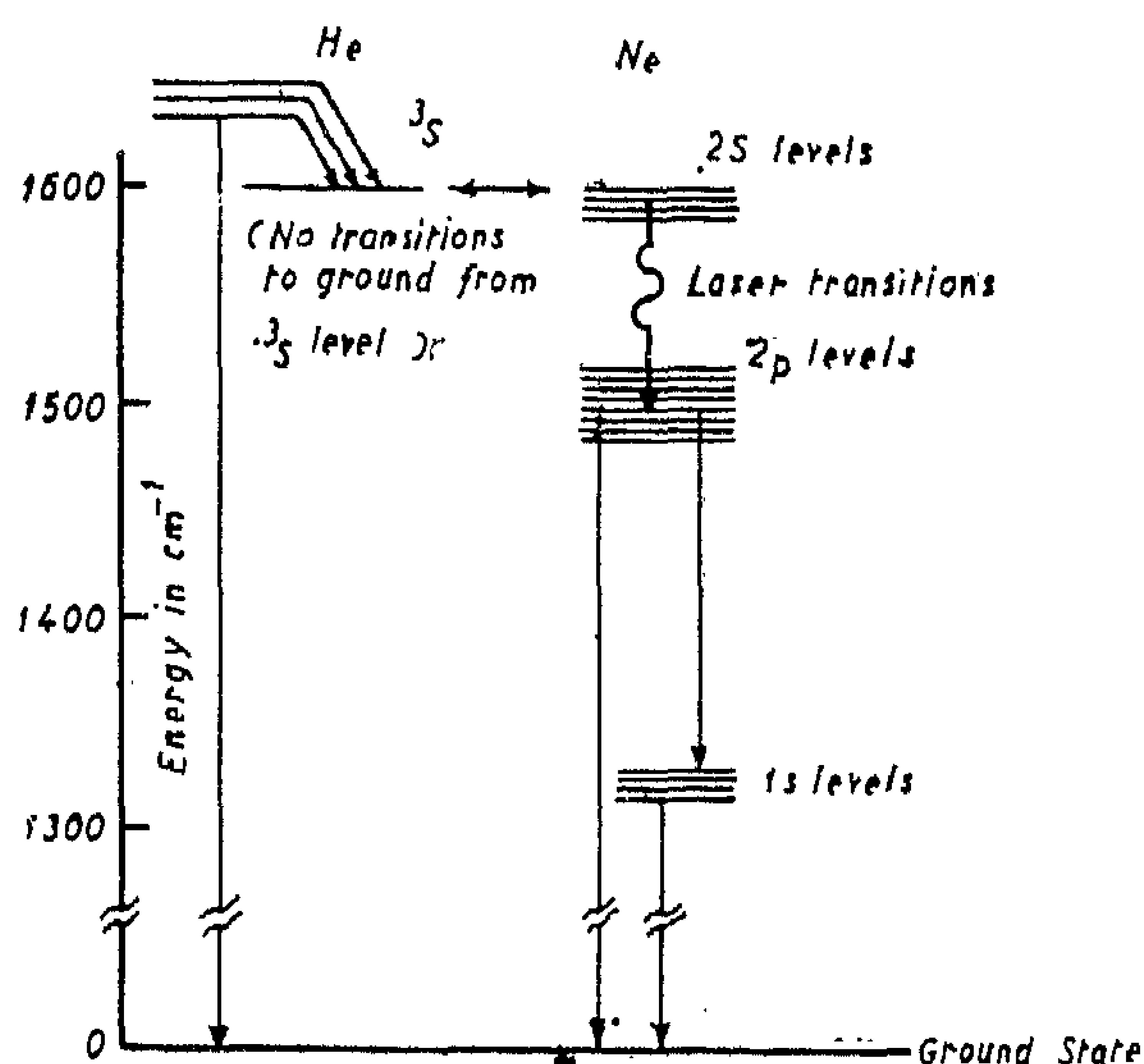


FIG 6 — LASING MECHANISM OF HELIUM NEON GAS-LASER.

exchanged between colliding atoms of different kind. This is important when it involves a metastable level of one atomic species and an ordinary level of the other. The second species therefore provides a path of escape from the crowded metastable level and a significant transfer of excitation to atoms of the second kind may create population inversion. The lasing mechanism can be easily understood from Fig. 6.

The first gas laser[4] employ a mixture (1.0 mm Hg) of helium and (0.1 mm Hg) neon. These gases are enclosed in a tube which is typically one meter long and has an inside diameter between one and two cm and is excited by an r.f. discharge at about 27 MC. Optically flat parallel reflectors§ are used at both ends as diagramatically shown in Fig. 7. Typical reflectivity of 99% and transmittance of 0.3% at the operating frequency can be achieved by a multilayer dielectric coating. The bellows shown in figure are included to facilitate the critical adjustment of the mirrors. In a modified arrangment[7], that permits non critical adjustment and provide for greater efficiency, two confocal reflectors are used external to the tube which must ter-

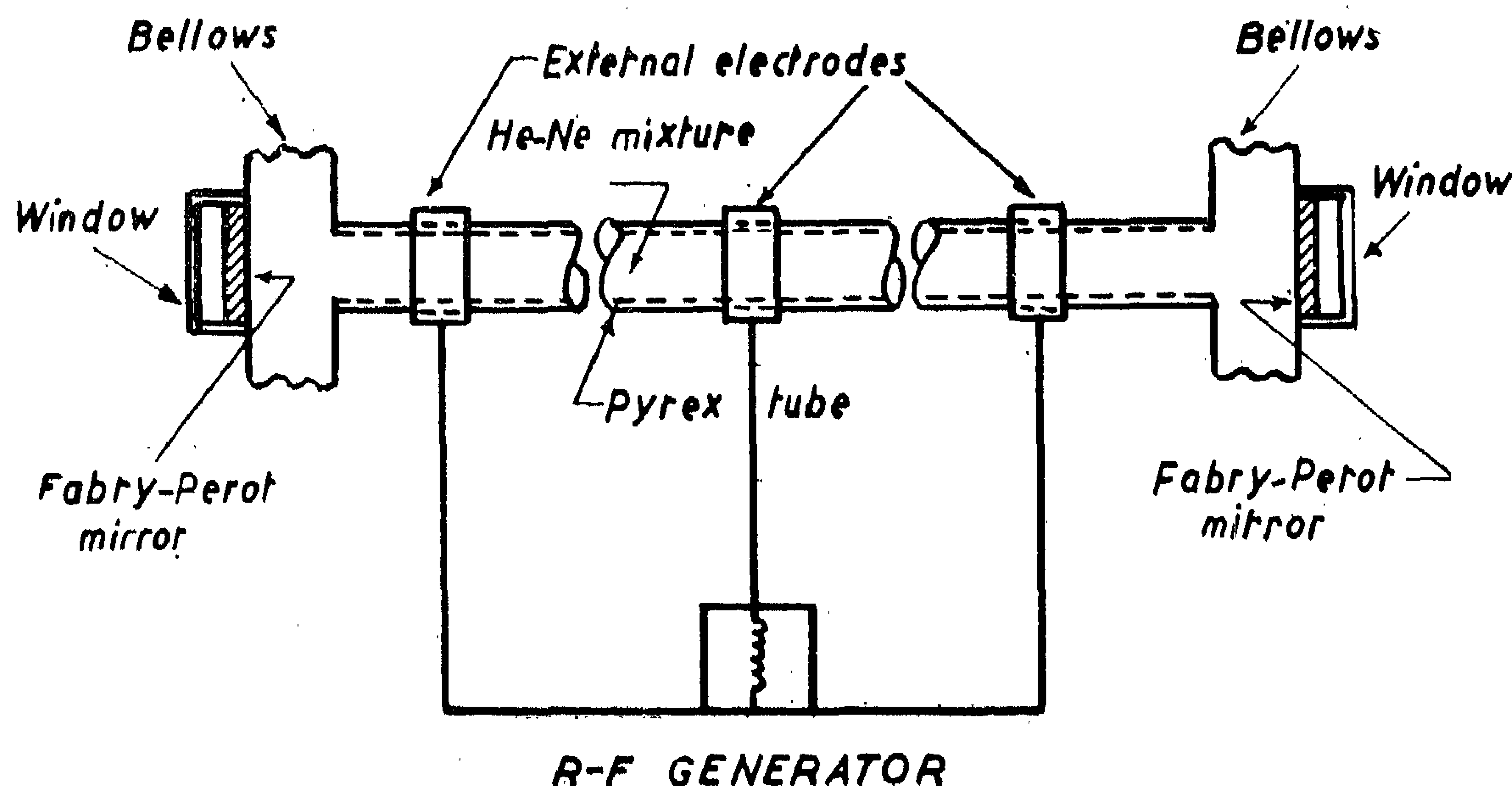


FIG. 7-DETAILS OF HELIUM-NEON GASEOUS LASER

§ Flatness should be within 1/50 to 1/100 of a wavelength and parallelism to within few seconds of arc.

diffusing an acceptor, mostly Zn, into a carefully prepared plane surface of a Ga As wafer doped with approximately 10^{18} donors/cm^3. This diode is then cut as shown in Fig. 5 in

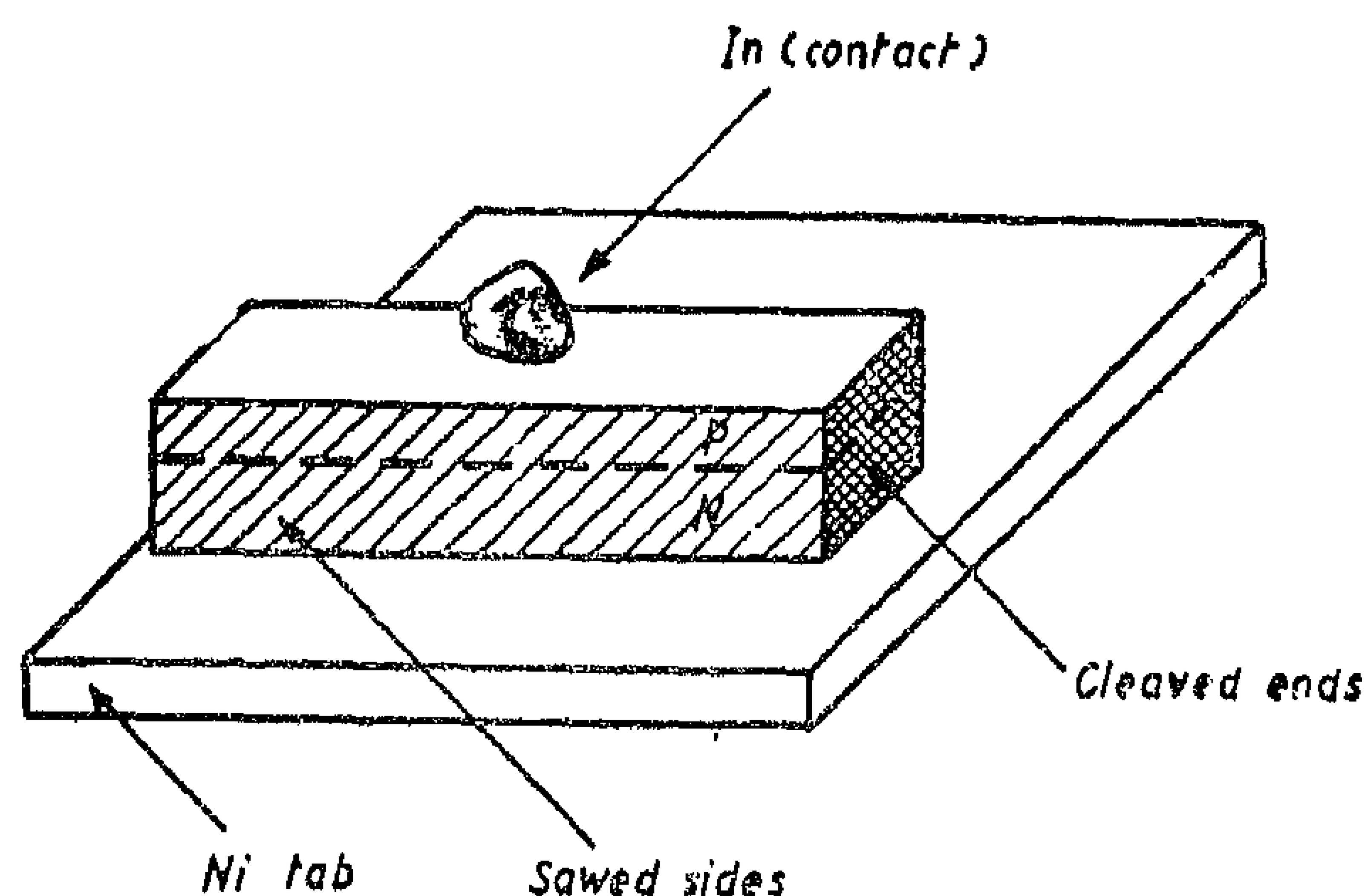


FIG. 5 - Ga As INJECTION LASER

the form of a rectangular parallelepiped with smooth and optically flat faces perpendicular to the p-n junction plane. Typical dimensions of the junction are 0.1 to 0.2 mm wide and 0.5 to 1 mm long. Amplification occurs along the length of the rectangular parallelcpiped and the highly directional beam emerges out of the small area. It is not necessary to coat the small faces of the specimen with any reflecting coating since the high index of refraction of GaAs will cause about 35% reflection of the 8400 °A emission. The specimen is then mounted on a suitable transistor header and an indium dot or plated contact made to it.

The threshold for stimulated emission occurs at current densities of roughly 10^3 amps/cm^2 at 4.2°K (liquid helium) and 10^4 ams/cm^2 at 77°K (liquid nitrogen). The internal quantum efficiency — the injection of each electron (or hole) results in the emission of a photon — is about unity at the law temperature but is only few percent at the higher temperature. In both cases, only a small part of the emitted photons do escape the crystal because of internal absorption.

The potentialities of the semiconductor injection lasers are numerous since they have inherent attractiveness of direct conversion of electrical energy to coherent radiation as contrasted to optical pumping. Moreover high output power of 200 milliwats in the CW mode have been reported. However the emission from GaAs diodes is inferior to other lasers in that the band width is much broader (the smallest value reported for GaAs commercial diodes is $\Delta\lambda = 8A°$ while for gas lasers a typical value is 10^{-7} A°).

4. *Gaseous Lasers:*

In cases, as in solids, stimulated emission of radiation occurs only in a condition of population inversion. The main difference between gases and solids is due to the absence of broad absorption bands in gases. This implies that an ordinary black-body type source cannot be used for optical excitation and only irradiation by high-intensity spectral sources whose emission lines coincides with an absorption line of the gas can be used. Fortunately, there are two means of excitation in a gas that are absent in a solid : excitation by electron collision and transfer of excitation between colliding atoms. Of significant importance is the fact that the phenomenon of transfer may take place even between atoms of different elements (resonant transfer) provided nearly identical energy-level differences are available in atoms of both elements. The probability of this phenomenon is proportional to exp. $(-\Delta/KT)$ where Δ is the energy difference of the participating levels and T is the temperature of the gas mixture.

Excitation by electron collision can be most conveniently accomplished in an electric discharge where ions and free electrons are formed. They are accelerated by the field that created the discharge and they aquire a kinetic energy from the power fed into the discharge. The excited atoms cascade down the energy scale. When more than one gas is present in a discharge, excitation may be

sible[9]). With this type of geometry it is possible to obtain a laser pulse output at 6,943 °A with an energy content of about 20 joules for an input of 2,000 joules. For still higher power laser cavities have been developed using four ellipses which have one common focal line at the location of the ruby crystal.

CW operation using ruby crystals have been achieved with a relatively small output of the order of miliwatts. The major difficulties encountered with such designs lies in the construction of a powerful light source capable of continuous operation combined with suitable optics to concentrate irradiation on the crystal. Moreover adequate cooling is necessary to remove the heat generated within the ruby as a result of radiationless transitions.

The output of CW ruby laser is subject to essentially the same high frequency pulsations (relaxation oscillations) that are observed in the output of pulsed ruby lasers.

2. *Solid State lasers other than Ruby :*

Apart from the phenomenon of random spiking (relaxation oscillations) observed in the output of the ruby laser, the ruby has one other major drawback, this is the relatively high excitation intensity needed to obtain laser action. Being a three-level medium, the threshold condition for ruby can only be attained when more than half the chromium atoms be raised from the ground state to the excited state. A substantial improvement can be attained by employing four level mediums. A growing number of such mediums have been used successfully with host materials such as calcium tungstate, calcium floride and glass replacing the aluminum oxide. A number of dopants such as neodymium, dysprosium, ytterbium, samarium and other rare earth elements together with uranium have been used in place of the chromium. The frequency of operation is determined primarily by the dopant. The host material is relatively unimportant when rare earths are used, however, it is necessary to choose a single crystal which is optically clear and which has a suitable lattice into which the dopant may fit.

It is important in these four-level materials to note that the terminal level (1) of laser action is generally only few hundred wave numbers ($1/\lambda$) above ground level, therefore they are populated at room temperature to a degree that makes negative absorption difficult to achieve. Hence sometimes it is essential to operate at liquid nitrogen temperature (77°K). Spiking have been reported in pulsed operation of some of these lasers but not in the CW mode.

Another relevent fact is that all these lasers are in the infrared region of the spectrum. This is a direct consequence of the existance of optical pumping sources only in the visible region. Lasing in shorter wave lengths than the infrared (for example in the blue and green as well as in the near ultraviolet) reuire the development of efficient high-energy light sources in at least the ultra-violet range.

3. *Semiconductor Injection Lasers :*

These devices differ from previously described lasers in that they are excited by the flow of an electric current across a forward biased p-n junction which causes the emission of light in a thin layer adjacent to the junction. This radiation is due to the recombination of charge carriers injected through tha n and p regions. This recombina tion radiation has been observed over a period of many years from forward biased p-n junctions of the II-VI compounds, however, the most efficient injection light source at present is the 'GaAs' diode[10]. The exact nature of the recombination process and the transitions which are involved in the emission of light are still under investigation[11]

A typical injection laser[12] is made by first

a) For pulsed operation the minimum energy reuired is given by :

i) Three-level Laser medium :

$$E_{min} = \frac{N}{2\,\eta}\, h\, \nu_3 \qquad \text{Joule/cm}^3$$

Where N = the number of atoms/cm³ in the ground state.

η = pumping quantum efficiency (fraction of attoms that decay to level 2 from 3.

ν_3 = frequency corresponding to band 3.

ii) Four-level laser medium :

$$E_{min} = \frac{N_2\, h\, \nu_3}{\eta} \qquad \text{Joule/cm}^3$$

b) For CW mode of operation the minimum power required is given by :

i) Three-level laser medium :

$$P_{min} \simeq \frac{Nh\,\nu^3}{2\,\tau\,\eta} \qquad \text{Watt/cm}^3$$

where τ is the spontaneous life time of the metastable state.

ii) Four-level laser medium :

$$P_{min} = \frac{8\,\pi h r^2\, \nu_3^2\, \Delta\nu}{\eta\, C^2} \times \frac{(-\,I_n \sqrt{r_1 \cdot r_2})}{L}$$

watt/cm³

Where r is the index of refraction.

It is important to note that the spectrat purity of the emitted light (monochromaticity) from gas lasers is a rival to the high-quality crystal oscillator. The fractional band width of the first being one part in 10^{11} or better ($\Delta\lambda$ is 10^{-7} °A at 1 micron or a band of 3 Kc for a carrier of 300 Tc.); for the second however a representative figure is only one in 10^9. For semiconductor injection lasers the condition at present is even worse (1 part in 10^4) and this is due to cavity problems.

III. *Description of Lasers :*

1. *The Ruby Laser :*

The first solid state Laser built was made of ruby[3], single crystal aluminum oxide (Al_2O_3), containing 0.05% (by weight) of chromium oxide (Cr_2O_3). The chromium atom, in their trivalent ionic state, are the active entities while aluminum oxide is the host. A typical ruby assembly is shown schematically in Fig. 4. The ruby rod vary

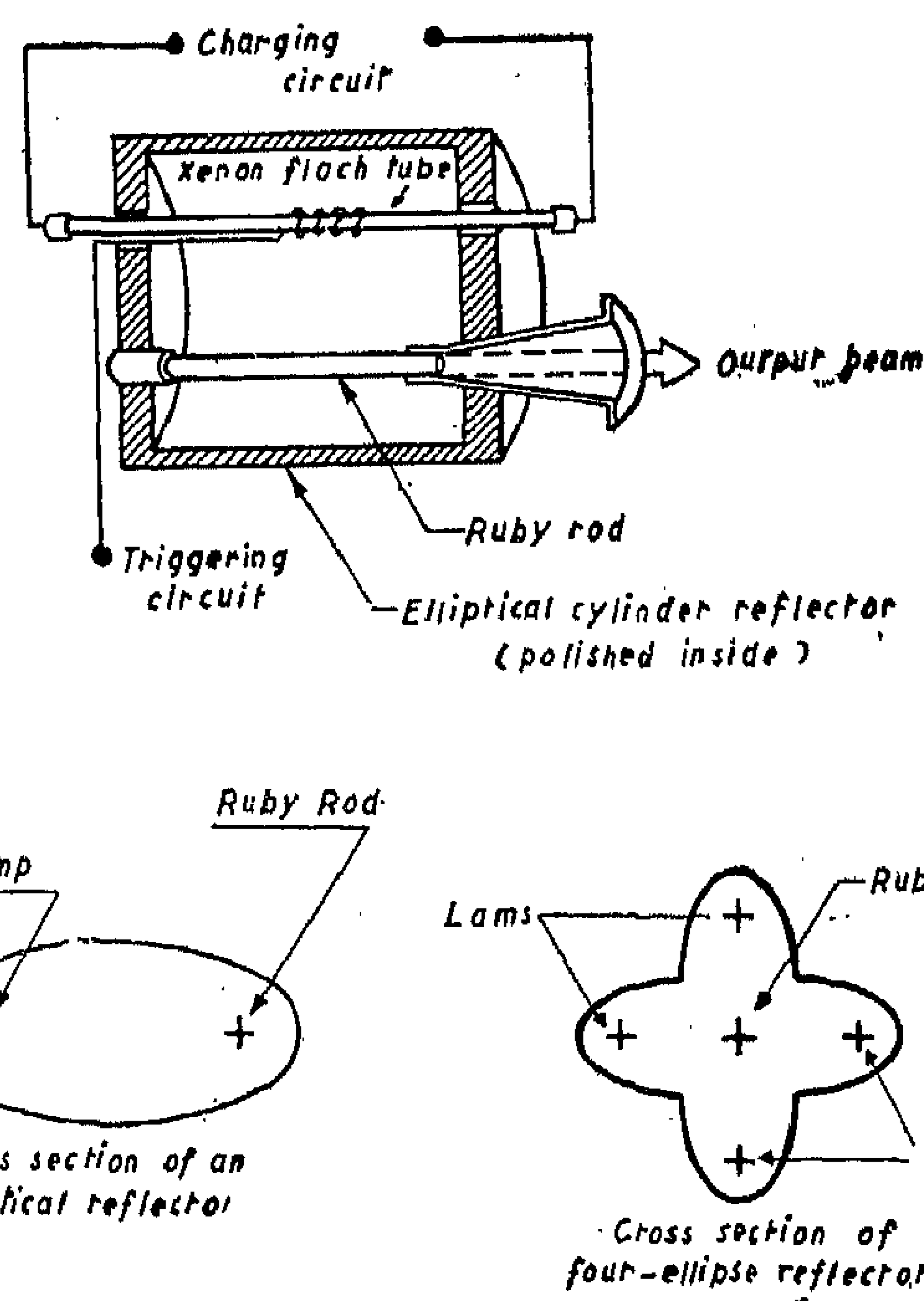


FIG. 4 — SCHMATIC DIAGRAM OF A RUBY LASER.

in size between 0.1 and 2 cms in diameter and between 2 and 23 cm in length. The ends of the cylinders are polished flat and parallel to a small fraction of a wave length (see foot note page 8). Silver coating is applied to make one end fully reflective, the other end is partially silvered to provide transmission between 10 and 25 percent. This ruby rod is placed into one focal ine of an elliptical cylinder and a straight xenon flash tube is placed into the other focal line (with ruby and lamp having similar diameters more efficient pump light capture would be pos-

of level 2 and that no amplification (inverted condition) would occur unless the supplied energy exceeds the value required to pump at least half the atoms in the ground level. Such waste is eliminated in a four-level laser material because, with level 1 normally unoccupied ($E_1 \leqq 8$ k T), amplification can begin as soon as there is significant occupation of level 2.

Once the active medium has been prepared, for light amplification, it can be enclosed in a cavity resonator. The role of the resonator is to maintain an electromagnetic field configuration whose losses are replenished by the amplifying medium through stimilated emission. At centimeter waves it is not difficult to build a resonator having the dimensions of a wavelength and so designed to maintain one mode of oscillation. At optical lengths Townes and Schawlow proposed on optical resonator such as shown in Fig. 3. Imagine an intense

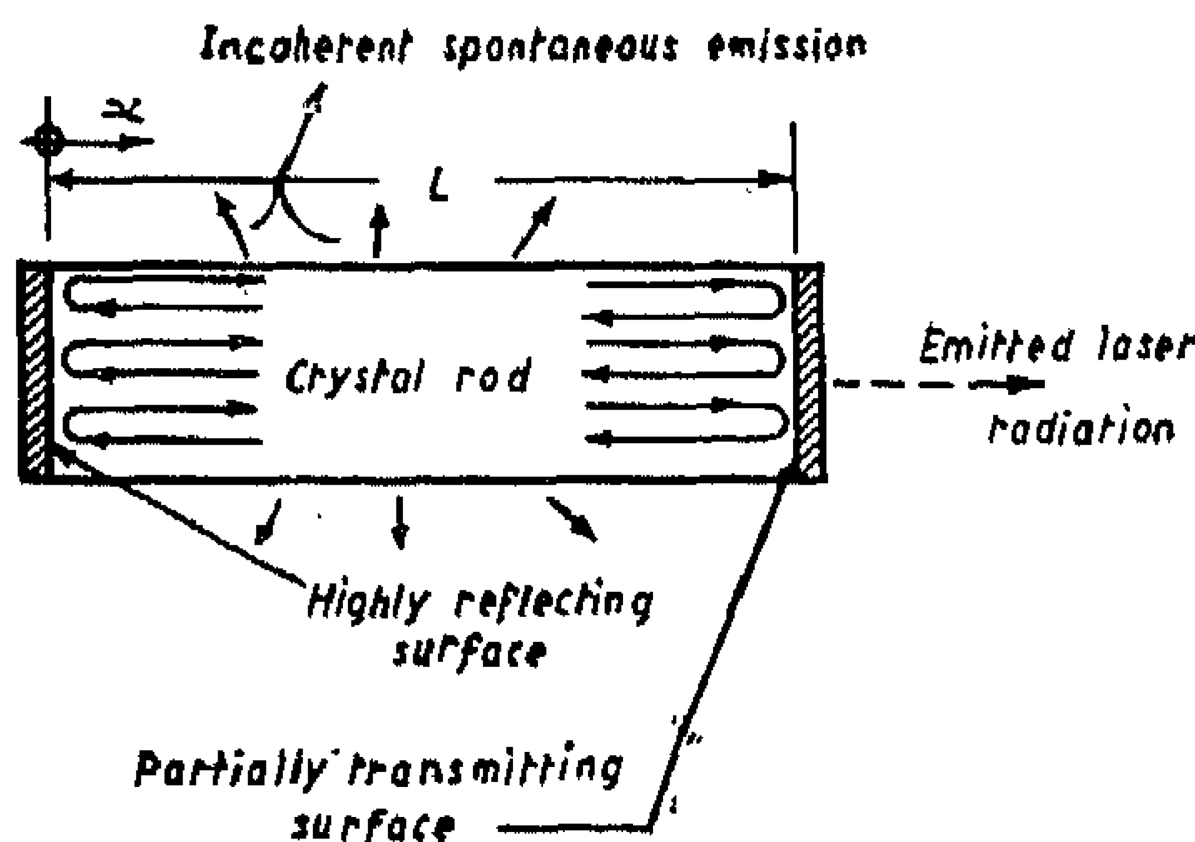


FIG. 3 – FABRY-PEROT RESONATOR FOR LASERS.

light source is flashed on the cylinder thereby pump the atomic system such that it brings about a population inversion between levels 2 and 1. In a fraction of a second spontaneous emission of photons $h \nu_{12}$ will occur. Most of this will escape through the sides of the cylinder, however, some will travel parallel to the axis and perpendicular to the ends and will be reflected back and forth by the mirrors§. As they traverse the medium they stimulate emission of photons $h \nu_{12}$ from all atoms pumped in the excited state. If the gain on repeated passes is enough to make up for the losses, a steady wave will build up and can escape through the end that is provided with a partially transmitting mirror. This output will be extremely directional, very powerful and essentially monochromatic. However, the diffraction which takes place at the circular periphery of the cavity imparts a small divergence component (about 0.001° for 1 cm periphery) to the beam.

Quantitatively the threshold condition (or the start oscillation condition) can be derived if one assumes that the losses in the cavity result mainly from the finite transmission (reflection coefficients r_1 and r_2 smaller than 1) at the reflecting surfaces ($x = o$ and $x = L$). In one complete passage the energy of the wave will change by a factor :

$$F = r_1 \, r_2 \exp. \left[-2 \, \alpha(\nu) L \right] \qquad (5)$$

Therefore steady oscillations may be maintained if the peak value of α (ν), as given by equation (4), takes a negative value α_m which makes F equal to unity (gain is equal to losses). It follows that at threshold :

$$\alpha_m = \frac{I_n \sqrt{r_1 \; r_2}}{L}$$

Therefore any deterioration of the refectors must be compensated by increased length or a penalty is paid in the form of increased threshold of excitation.

To determine the minimum required excitation at the crystal surface it is necessary first to estimate the minimum energy required to pump the atoms to the metastable state. This value does not only depend on whether the laser material is a three-or four-level medium but also on the mode of operation. Useful relations are available in the work of Yariv[7, 8] they are :

§ For the bouncing the wave not to escape from the sides rigorous geometrical requirement on the flatness of the mirrors (to within 1/20 to 1/100 of a wave length) and parallelism (wedge angle 1/2000 of a degree) must be maintained.

λ = wave length in vacuum

r = index of refraction

τ = lifetime of the spontaneous emission from level n to level m

$g(\nu, \nu_0)$ = normalized line shape (Lorentz curve) with center quency ν_0 and half width $\Delta\nu$.

ν = frequency of radiation (= C/λ).

The quanta which is emited spontaneously will not contribute significantly to the beam because this radiation is only in a scattered form. If however N_n can be made greater than N_m, with $n > m$ (that is a state of population inversion), a condition of amplification (negative absorption) can be realized. In this case incoming radiation of the proper frequency ($\nu = \nu_{nm}$) will induce predominantly down transitions, with the emission of radiation, and the material will act as an amplifier of radiation at the proper frequency. The back ground spontaneous radiation which is also emtted at the same frequency will appear as amplifier noise.

3. *Threshold Condition*

Population inversion, the first condition for laser action, can be accomplished if the laser material possesses an energy level diagram of the types shown in Fig. 2 and if the following necessary conditions are also satisfied :

i — Level 2, in Figs 2-a and 2-b is a metastable state, therefore its spontaneous lifetime is much longer than the spontaneous lifetime of all other levels.

ii — The rate of radiationless transfer from the upper most level to the level at which the laser action begins be fast compared to the other spontaneous transition rates.

iii — A rapid rate of spontaneous transition from the laser terminal level (1) to ground, in a four-level laser, is necessary otherwise a stopping phenomenon will occur if the population of this level increases.

iv — The breadth of the absorption band is a practical necessity because there is not enough energy available from ordinary sources of radiation in a narrow band.

To understand the lasing mechanism and realize the difference between three and four-level laser materials, suppose a three-level material Fig. 2-a, is supplied by radiation of

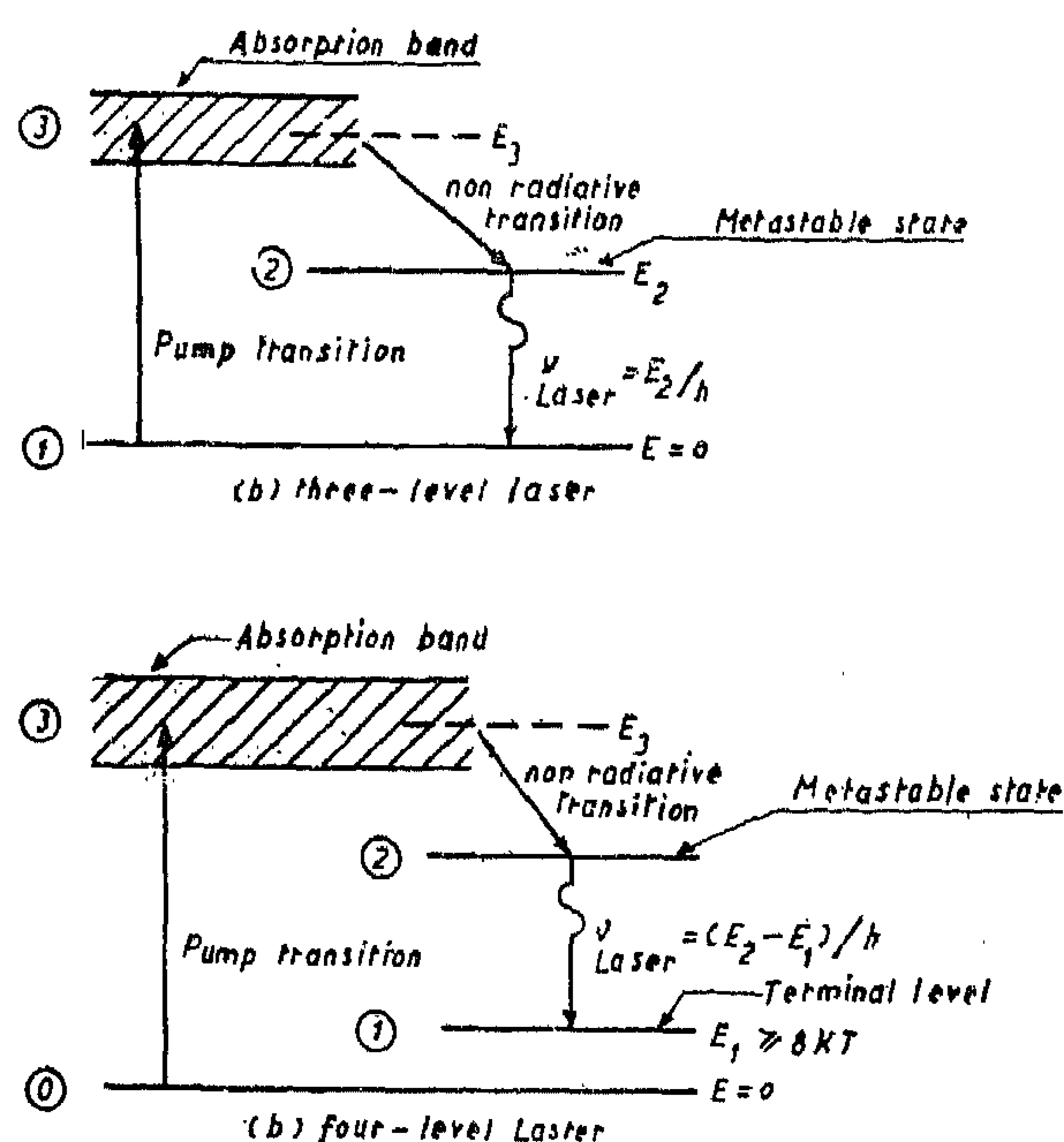


FIG. 2 – TYPICAL ENERGY LEVEL DIAGRAM OF LASER MATERIALS

frequencies which produce absorption in the braod band 3. Most of this absorbed energy is transfered by fast radiationless transitions into the intermediate sharp level 2 then by spontaneous return (ordinary fluorescence) to ground level. When the exciting radiation is sufficiently intense, it is possible to have a population density at 2 greater than at the ground level. In which case, the spontaneously emitted photons travelling through the crystal will stimulate induced emission which will be superposed on the spontaneous emission. It should be noticed that the ordinary fluorescence acts as a drain on the population

Time coherence, on the other hand, is the laser property which permits its exploitation for communication and make it a rival for the best electronic oscillators. In contrast, all conventional light sources are essentially noise generators and are unsuitable for anything more than the crudest signalling purposes.

2. *Absorption, Emission and Amplification of Radiation :*

Atomic systems (such as atoms, ions and molecules) can exist in certain stationary states characterised by quantum numbers. Each of these states corresponds to a definite value of energy called energy level. When two or more states have the same energy, the level is called degenerate and the number of states, with the same energy, is the multiplicity of the level. In thermal equilibrium, at absolute temperature T, the atoms of the system are distributed among the different states in accordance with Boltzmann's law and it follows that the population of the energy levels n and m are related by the formula :

$$\frac{N_n}{g_n} = \frac{N_m}{g_m} \exp\left(-\frac{E_n - E_m}{kT}\right) \qquad (1)$$

where N_j = number of atoms in state j

E_j = energy in state j

g_j = statistical weight (multiplicity) of state j

k = Boltzmanns constant

Atoms are capable of existance for brief periods of time at any of the several energy levels, however, transitions to higher levels must involve, according to Plank's Law, the absorption of a photon $h\nu$ such that :

$$h\nu_{nm} = En - Em \qquad (2)$$

where h = Plank's constant

ν_{nm} = the frequency characteristic of the particular transition (between n and m).

The excited state of the atom is unstable and after a life time (τ) the atom will, without any external stimulus, make a transition to the lower energy state giving off a photon $h\nu_{nm}$. This process is called spontaneous emission. This radiation will emerge from the atoms of the assembly in random phase and consequentl the gas will emit as an incoherent source.

An interesting event occurs, however, if a photon of energy $h\nu_{nm}$ falls on an atom while it is still in the excited state. In that case the atom is immediately stimulated to fall into the lower energy level with the emission of a quantom of enrgy at the same frequency. It is significant that the stimulated radiation is in phase with the radiation which stimulated it[5]. These processes are described in Fig. 1.

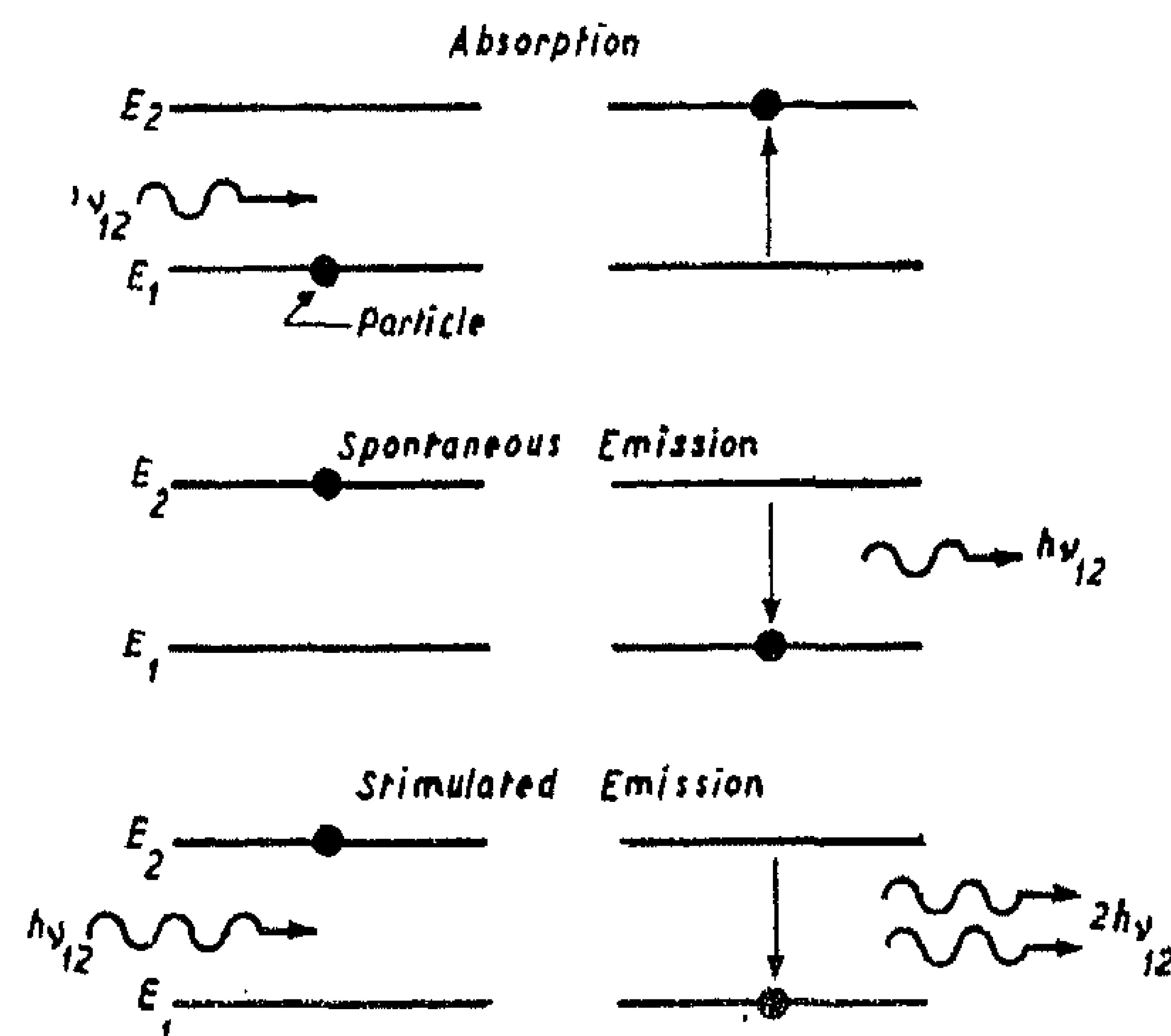


FIG. 1– ABSOPPTION & EMISSION PROCESSES OF RADIATION.

At thermal equilibrium the number of atoms /cm^3 in the upper state is smaller than the corresponding number at a lower state. Hence it can easily be shown that incident collimated beam of intensity I_0 and frequency ν will suffer in travelling a distance x, a net loss according to the relation :

$$I = I_0 e^{-\alpha(F)x} \qquad (3)$$

where

$$\alpha(\nu) = \frac{(\lambda/r)^2}{8\pi} \frac{[N_m g_n/g_m - N_n]}{\overset{\tau}{g(\nu, \nu_0)}} \qquad (4)$$

PRINCIPLES OF LASERS AND THEIR APPLICATIONS IN COMMUNICATION

by

AHMAD AZIZ KAMAL, Ph. D.
Lecturer, Faculty of Engineering,
Cairo University

I. *Introduction :*

The term Laser (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation) is used interchangeably in the literature with the term optical maser ('m' in maser stands for microwave) as a notation for the same device. This comes about because both the maser[1] and the Laser[2], introduced in 1954 and 1958 respectively, belong to the same new and rapidly growing family of quantum electronic devices. Instead of utilizing free electrons — as conventional vacuum tubes do — masers and Lasers make use of intrinsic energy oscillations within the structures of particles of matter. Individual ions or molecules are used to generate and amplify coherent electromagnetic radiation in the optical region of spectrum (around 300 teracycles). This concept has removed the frequency limitations encountered by conventional microwave generators and correspondingly extended the useable range of electromagnetic spectrum by a factor of 10^4. The problems and physical methods for achieving laser action, however, differ from those for the maser. The following discussion will be limited to the laser.

The successful demonstration of Miman's ruby laser[3] and Javan's helium-neon laser[4] in 1960 stimulated a countless number of scientists and engineers to study new laser materials and to explore and extend the field of its practical applications.

In this paper, the auther presents several aspects of the laser which are relevent for its exploitation in communication such as propagation characteristics of laser beam, noise, modulation and detection. For the proper orientation of the communication engineer a review of the state of the art is included together with a full description of different versions of the device.

II. *Review of Basic Principles :*

1. *Coherent Light :*

It is an experimental fact that all classical sources of light lack the property of coherence between light emanating from different points of the radiator. Coherence, the remarkable property of lasers, is of two kinds : spatial coherence and time coherence. A wave is spatially coherent over a time interval if there exsists a surface over which the phase of the wave is the same or is correlated at all points. A wave is time-coherent at an infinitisimal area on a receiving surface if there exsists a periodic relationship between its amplitude at any one instant and its amplitude at later instants of time.

Spatial coherence is the property that accounts for two important features of laser beams that cannot be attained with other sources of light : i) the beam is highly directional ;

ii) the beam can be focused to a spot whose diameter is of the order of one wave length giving intense power density.

REFERENCES

1. Abdel Aziz, M. K., and Hofmann, W.: Versuche zur Pressschweissung von Aluminium bei verschiedenen Temperaturen. Aluminium 36 (1960), p. 311-317.

2. Miller, Mike A., and Glenn W. Oyler: Pressure welding Aluminium at various temperatures. Weld. J. 30 (1951), p. 486 S.

3. Ruge, J.: Die Kaltpresschweissung von Metalien. Dissertation T H Braunschweig (1952).

4. Abdel Aziz, M. K.: Effect of crystal orientation on the cold pressure welding of Aluminium. The Bulletin of the Faculty of Engineering, Ain Shams University, Nr. 2 (1962-1964), p. 43-64.

5. Erdmann-Jesnitzer, F.: Metallphysikalische Grundlagen der Pressschweissung. Aluminium 33 (1957), p. 730.

6. Becken, O., and Havers, K.: Beim Punktschweissen von Kohlenstoffstahl erreichbare Scherzugkräfte bei Blechdicken bis 6,0 mm. Schweissen u. Schneiden, Bd. 13, Nr. 4 (1961), S. 127-135.

7. Tylecote, R. F.: Further Investigations on the Pressure Welding of Light Alloy Sheet. Trans. Inst. Weld. 11 (1948). S. 94 r.

8. Glage, W.: Einflussgrössen, Güte und Festigkeiten beim Widerstandspunktschweissen. Schweissen u. Schneiden, Bd. 13, Nr. 4 (1961), S. 135 139.

the following formula exists :

$$\log \frac{P}{S} = \log K + n \log S$$

$$\text{or } \frac{P}{S} = K.S^{n}$$

$$\therefore \quad P = K.S^{(n+1)} \qquad \text{i.e. } P = K.S^{m}$$

where K = constant given by the intersept on the $\frac{P}{S}$ axis

n = exponent given by the inclination of the straight line on the S-axis.

5 SUMMARY AND CONCLUSION

The cold pressure lap welding tests on pure-Al strips, gave the following results :

1) Optimum weld strengths could be achieved, if the material is allowed to deform freely under the welding pressure to undergo a percentage decrease in thickness (η) ranging between 50 and 70 %. The lower value corresponds to a small strip thickness (t_o = 1,5 mm) used with die type "B", and the higher value corresponds to a large strip thickness (t_o = 3,0 mm) irrespective of the die type. For die types "C_1 and C_2", the given values of (η) which are apparently very high (between 65 and 80 %) represent only the maximum values. If the mean values of η are considered (about half the maximum values), they would be found to lie within the lowest range of 35-45 %.

2) The deformation degree (η) increases with the welding pressure according to the equation :

$$P = P_o \cdot e^{c\eta}$$

the pressure increases with increasing (t_o). But the related values of the optimum pressures to the thickness P_{op}/t_o show a general tendency to decrease with increasing (t_o), giving the most efficient results at a thickness t_o ranging between 2,5 and 3,0 mms.

3) The term "Efficiency of pressure application" (ratio P/S) has been introduced to give some practical indication of the overall weld efficiency. According to this measure ,and considering optimum conditions, the best efficiency (lowest values of P_{op}/S_{op}) is got with die type "B", for all strip thicknesses, followed by the other types, C_1-A-E_1-D_1-D_2 then C_2, which showed a general improvement with the increase in thickness up to the range of 2,75-3,0 mms, indicating the effect of the die size w.r.t. the strip thickness.

4) With rectangular die faces, better results were attained when the major axis of the rectangle lies in parallel with the specimen axis (type D_1 and E_1) than when lying at 90° to it. Also with sharp-edged type the efficiency of pressure application is better than with rounded edges.

5) For the most efficient results got with die type "B", a diagram has been drawn which could be of practical use. With this die type a straight line relation was found between (log S) and ($\log \frac{P}{S}$) for all thicknesses.

A thorough investigation for this ring-type die with the aim of getting the best ring dimensions (ratio of outside to inside diameters) for constant ring face area w.r.t. the strip thickness could be of great interest in arriving at a better weld efficiency. It is also assumed, by the author, that a modified ring-type die with cross ribs (button-type) would result in a bigger weld area at the interface without affecting the ease of metal flow under the applied pressure. This study will be next carried out in the same direction.

Figure 27 shows the severely deformed crystals at the interface for a joint of type C_1 (η = 77,2 %); the interface is perfectly welded and no oxide inclusions are present, (the specimen broke also under tearing outside the welded joint).

The ratio P_{op}/t_o, as shown in figure 24, decreases with increasing (t_o) up to a thickness of 2,75 mms, after which it tends to remain constant or slightly increases for all die types. However with die type "B", this ratio remains approximately constant, indicating the uniformity of metal deformation with this ring-type die for almost all strip thicknesses used. The net result in our case, shows that the best size of strip suiting the die sizes lies between 2,5 and 3,0 mms, except for die type "B" by which the most efficient size is the 2,0 mm strip. Considering the die face areas of about 50 mm², the efficient ratio of die face area to strip thickness ranges between 17 and 25.

4.5 Characteristics of the ring-type die "B":

From the previous discussion, it has been found that the die type "B" with the ring-shaped face, gave the most efficient weld joints, viz. least values of P_{op}/S_{op}, most uniform characteristics of the metal flow under the applied welding pressure and meaningful shape of the corresponding curves representing the relationship (S) against (η) for all strip thicknesses (figure 8). Therefore, a diagram for this die type, giving the relationship between all parameters affecting the weld characteristics with this die has been drawn, figure 28. The diagram shows the effect of the welding pressure (P) and the efficiency of pressure application (P/S), represented on a logarithmic scale, on the resulting degree of deformation (η) and tension-shear force (S) of the welded joint. From the diagram, the optimum values could be read easily (first points marked with a small arrow) for any thickness. Beyond these optimum values, an increase in (P) produces a corresponding increase in (η)—as given by the straight line relation between log P and η— however, the resulting increase in (S) is very slight (dached parts of the curves), indicating the necessity to stick to the optimum values if efficient results are to be reached. The following example shows how to use the diagram: For t_o = 1,5 mm, S_{op} = 170,5 kg at a pressure P_{op} = 1300 kg. giving an optimum efficiency P_{op}/S_{op} = 7,62 and the resulting deformation degree η_{op} = 48,5 %.

The relation between (S) and (log P/S) gave a nice parabolic representation, for all thicknesses used in the tests, which, after plotting of (log S) against (log P/S), produced perfect straight lines, figure 29. The straight lines start from a value of S = 1 kg (the corresponding P—values start by 1100 kg for t_o = 1,5 mm, and increases gradually with the increase in t_o, up to about 1460 kg for t_o = 3,0 mms) and end with optimum values of S ranging between 170 kgs for t_o = 1,5 mm and 325 kgs for t_o = 3,0 mms. Beyond the optimum values, the straight line relation looses its character, because failure will then occur by tearing outside the welded joint. Therefore, up to the optimum values of S,

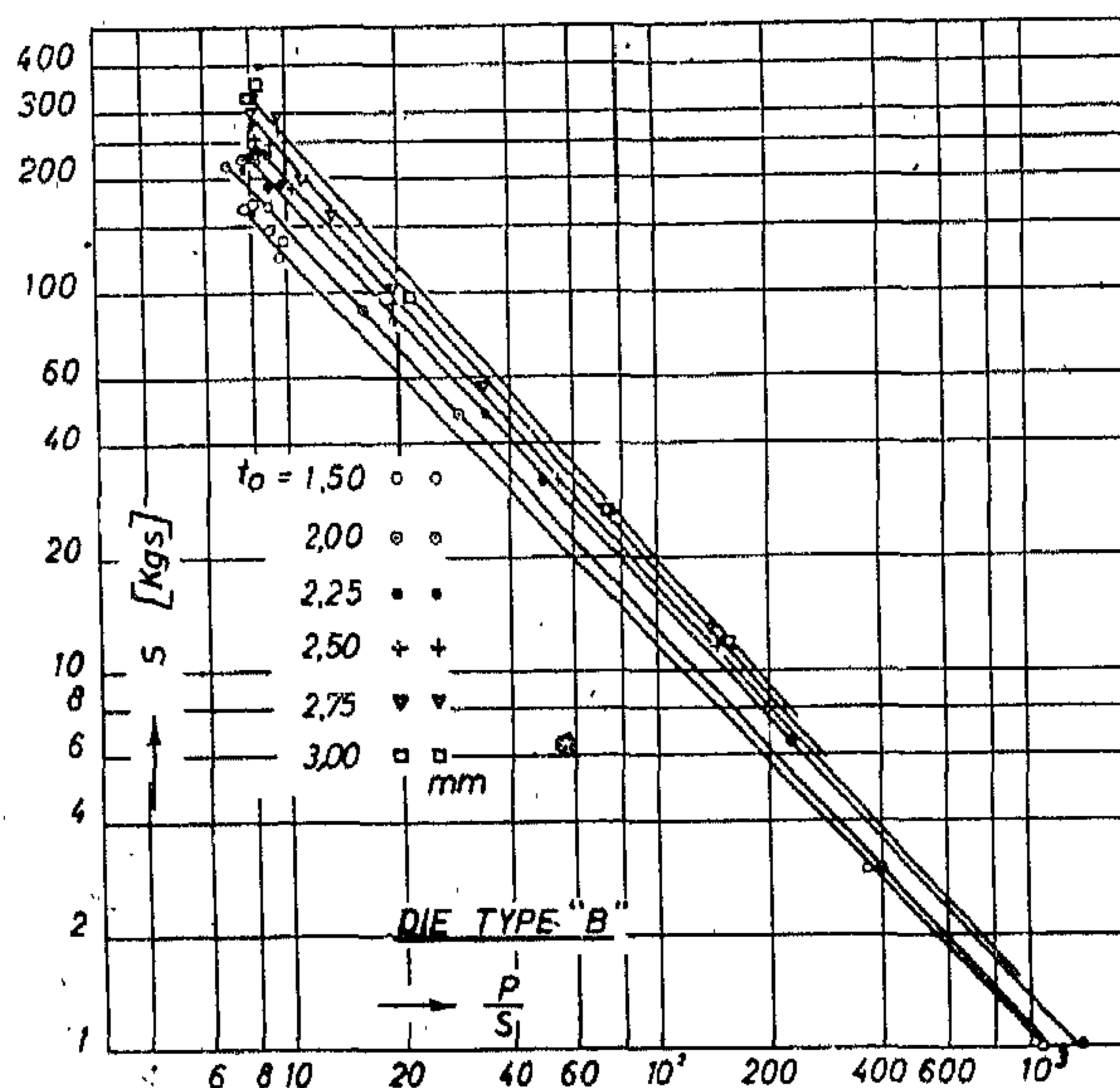


FIG. (29): Logarithmic representation for the tension-shear strength "S", against the efficiency of pressure application P/S, for die type "B"

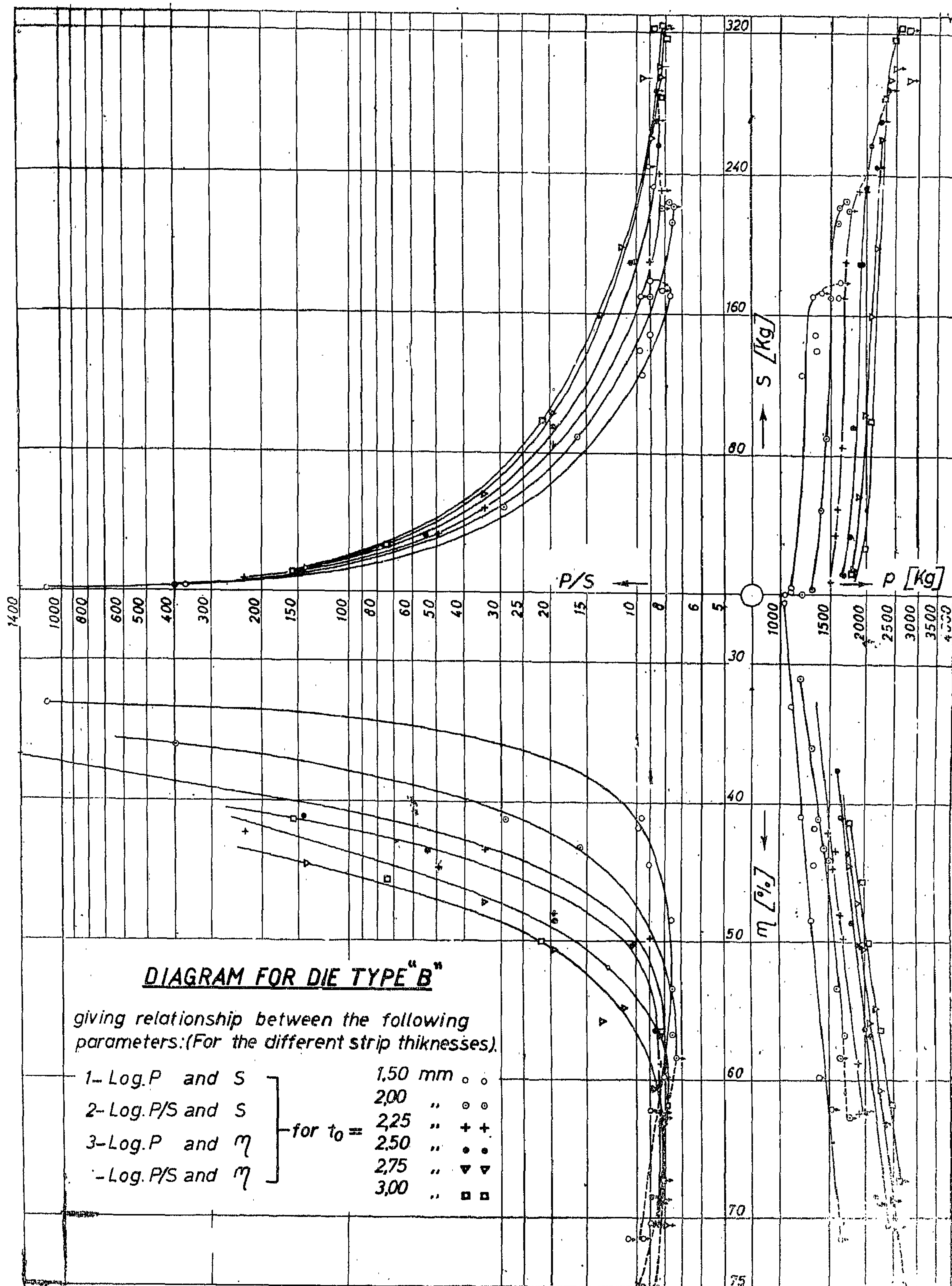


Fig. (28): Relationship between the different parameters affecting the weld strength, for die type "B".

4.4 Related optimum values of P and S to strip thickness t_o :

Each of the die types used for the tests, had only one size, therefore it was thought that the variation of the strip thickness (t_o) would give an idea about the size effect of the die w.r.t. the material thickness, on the resulting weld strength.

In general, the optimum tension-shear force of the weld joint increases with the increase in strip thickness as previously discussed in 4.1. If the optimum values of tension-shear forces (S_{op}) and their corresponding welding pressures (P_{op}) are related to the thickness of the strip (t_o), the resulting ratios (P_{op}/t_o) resp. (S_{op}/t_o) can be taken to represent in some way, the size effect of the die on both the optimum values S_{op} and P_{op}. The latter ratios are therefore plotted against (t_o) in figures 24 and 25, from which it could be seen that there is a general tendency for the ratio (S_{op}/t_o) to increase with increasing (t_o) for die types C_1, C_2', D_1 and D_2 (of spherical or rounded faces) while for die types A, B and E_1 (with flat sharp edged faces) this ratio decreases slightly with increasing (t_o) from 1,5 to 2,0-2,25 mms, then increases again in an irregular manner, till it reaches (by t_o = 3,0 mms) a value slightly less than that for t_o = 1,5 mms. Probably, this tendency found with the spherical dies C_1 and C_2 and the rectangular rounded die D_1 could only be due to the useful effect of the curved pressure faces of the dies in squeezing the metal more readily and producing higher metal displacement at the interface—thus breaking any remaining oxide skin more effectively—when (t_o) increases, thus giving higher values of (S_{op}/t_o), while for the other flat types of dies this condition is absent. Figure 26 shows the flow lines in a weld joint, of type D_2, which has been broken outside the welded joint under tearing (the machine was stopped before complete separation occured).

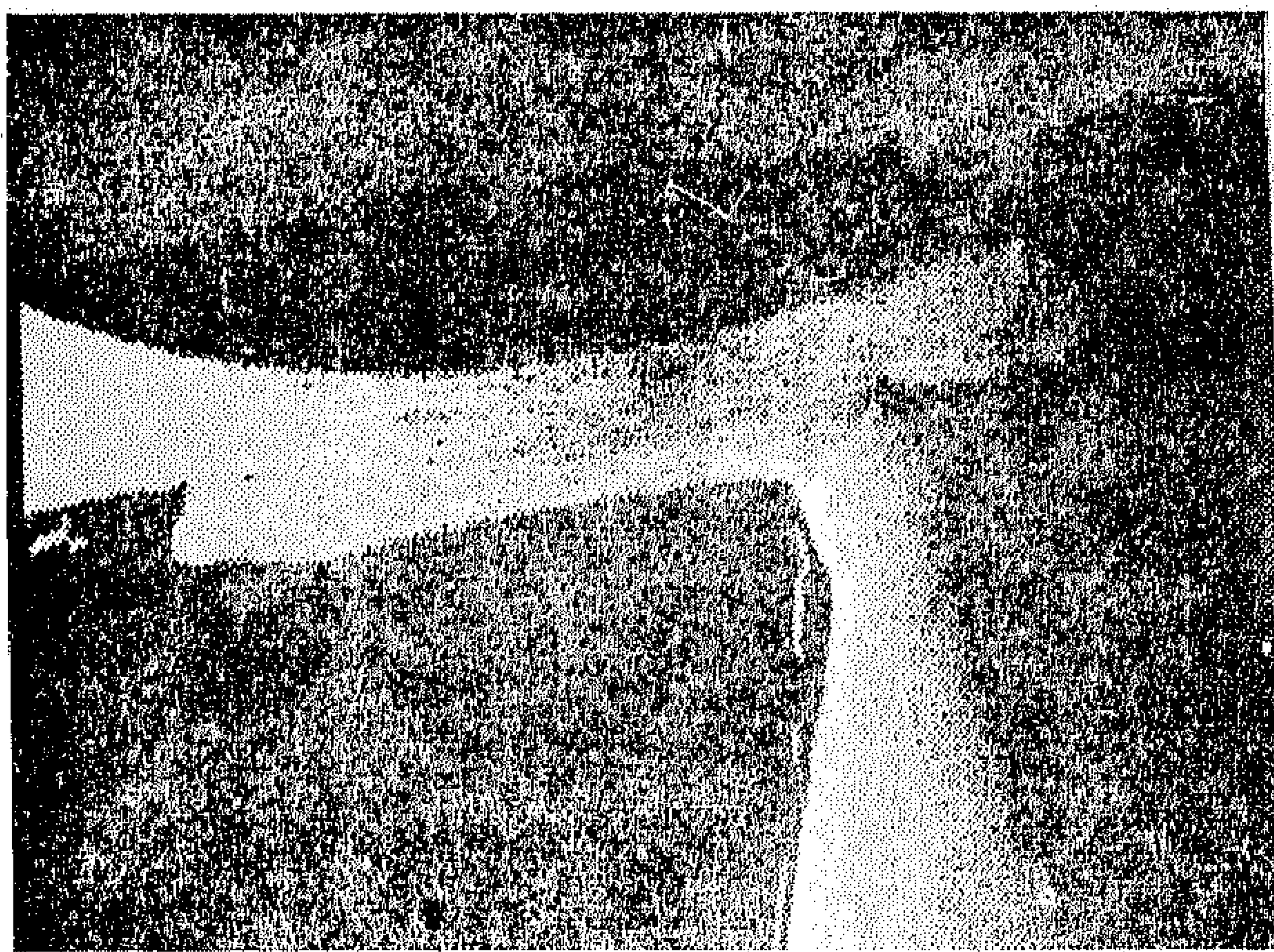


Fig. (26): Flow lines in a weld joint of type "D_2" (t_o=2.75 mms., η=77.8 %, P/S=12.23, P = 4200 kg, S = 343.5 kg). The specimen failed under tearing outside the Joint. (X 8, etched after Flick).

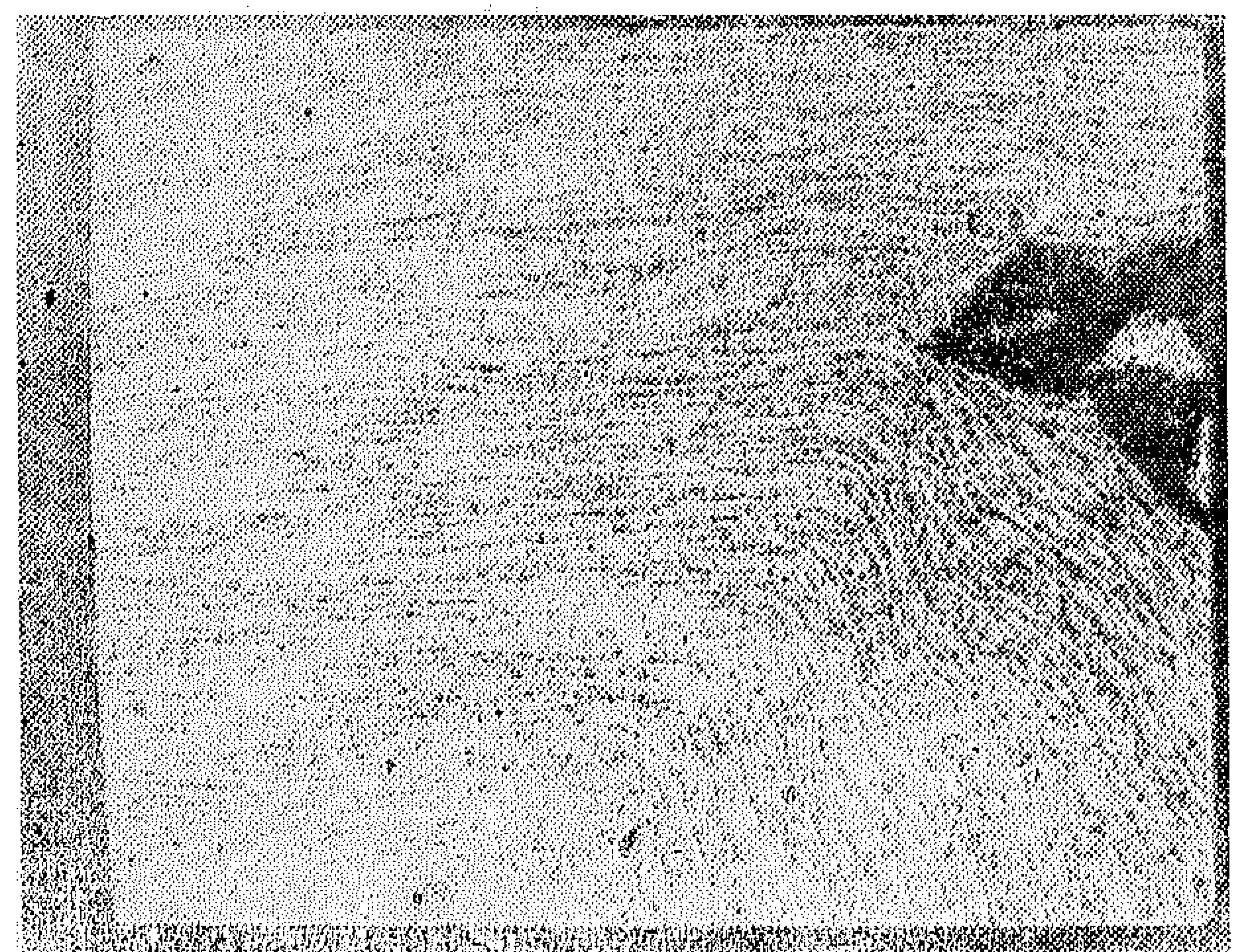


Fig. (27): Photomicrograph showing the severely deformed crystals at the interface for a weld joint of type "C_1" (t_o = 1.5 mms, η = 77.2 %, P/S = 11.11, P = 1645 Kg, S = 148 Kg).

The specimen was pressed flat after welding, and failed under tearing outside the weld joint.

(X 270, etched after Flick.)

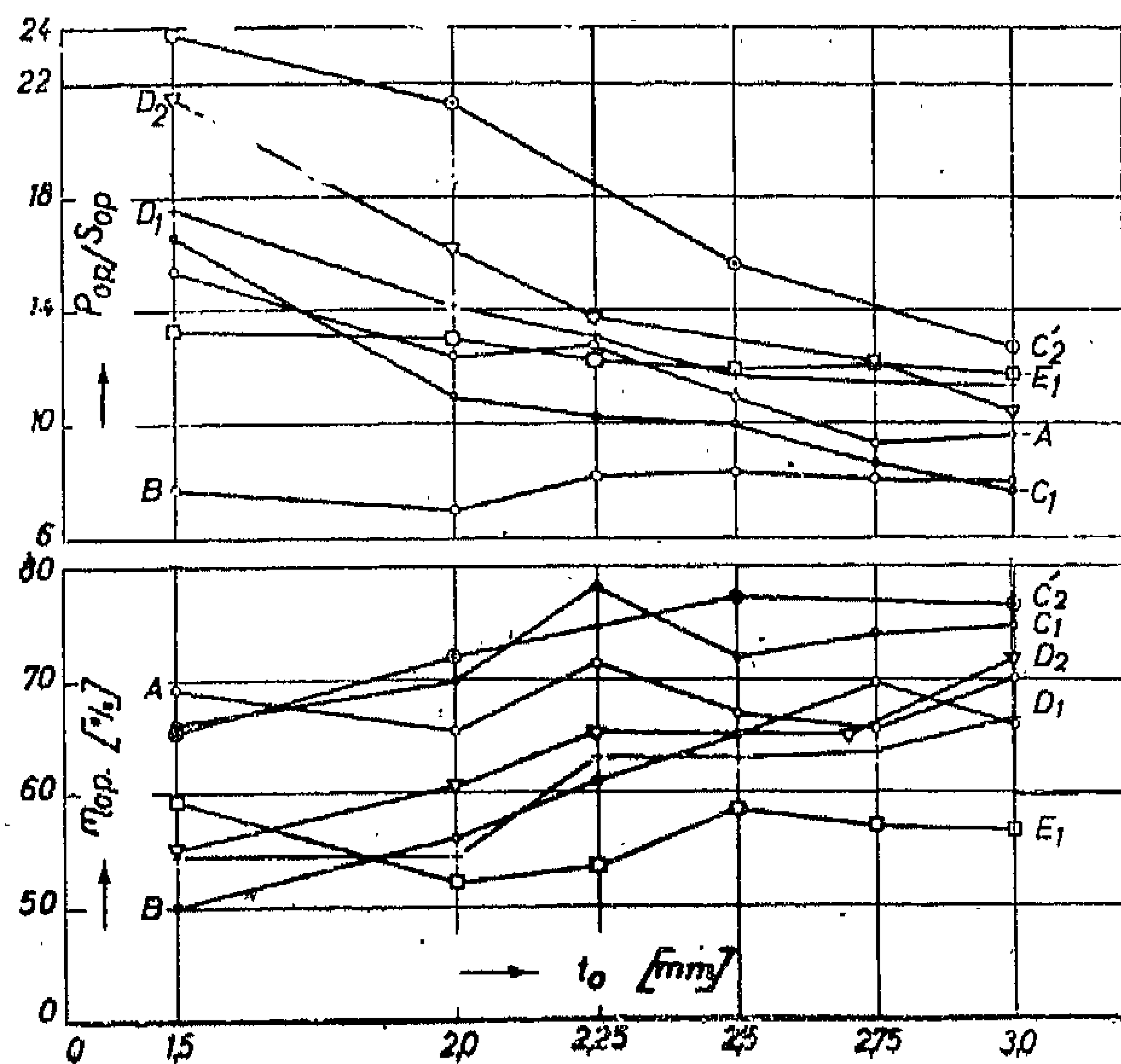


Fig. (22) (upper): Relationship between the optimum ratios P_{op}/S_{op} and the strip thickness t_o, for all die types.

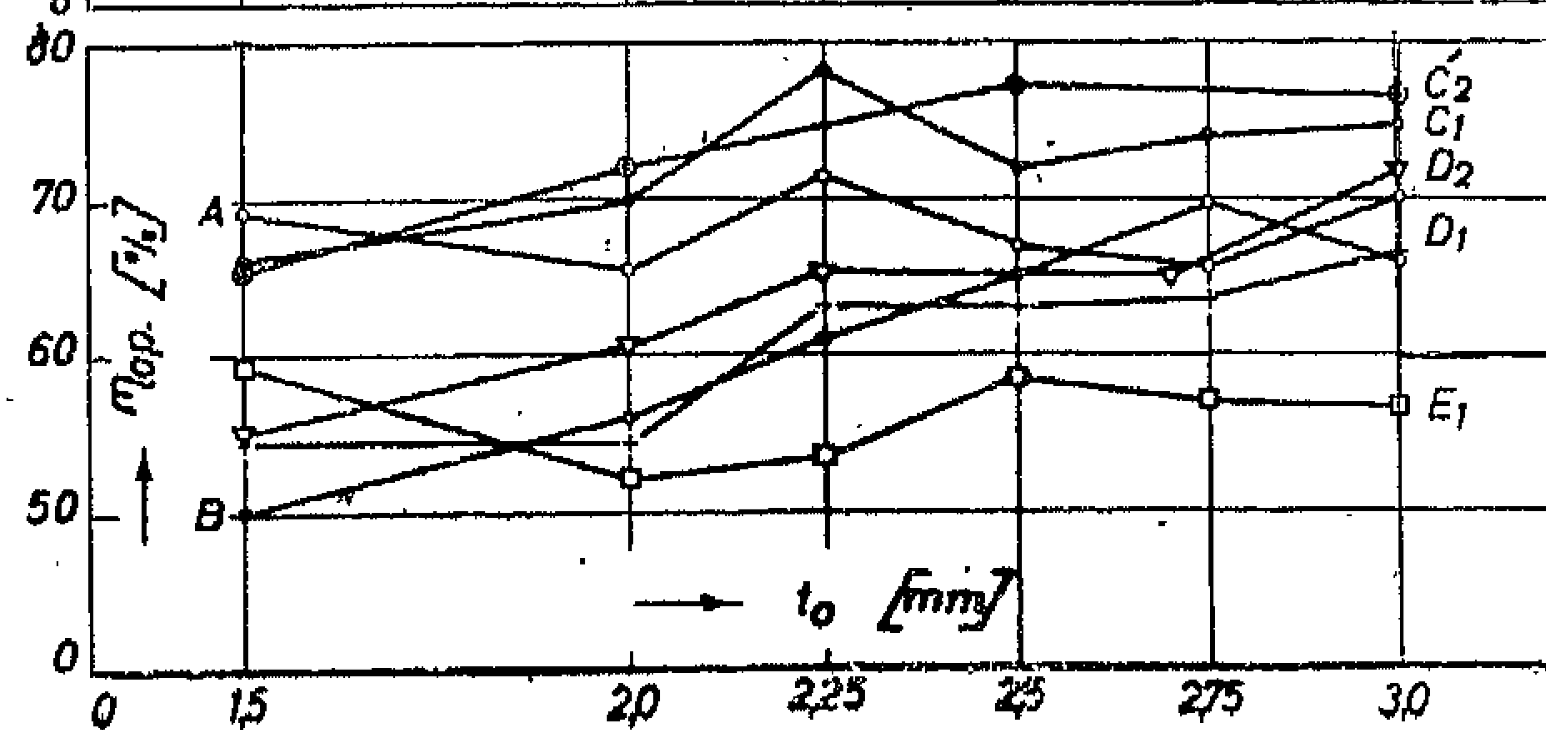


Fig. (23) (lower): Relationship between the the optimum values η_{op} % and the strip thickness t_o, for all die types.

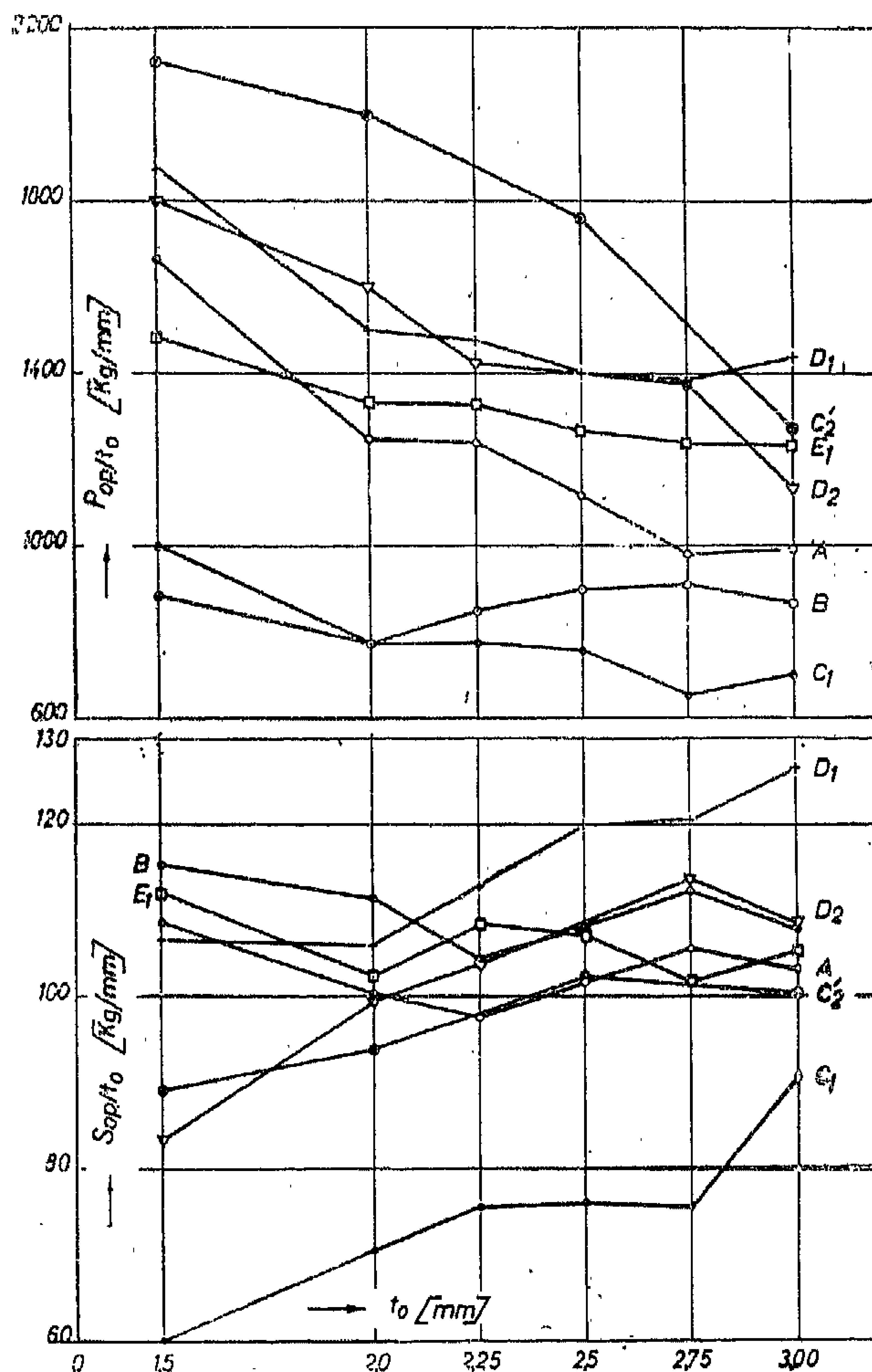


Fig. 24 (upper): Relationship between the related optimum valves P_{op}/t_o and the strip thickness t_o, for all die types.

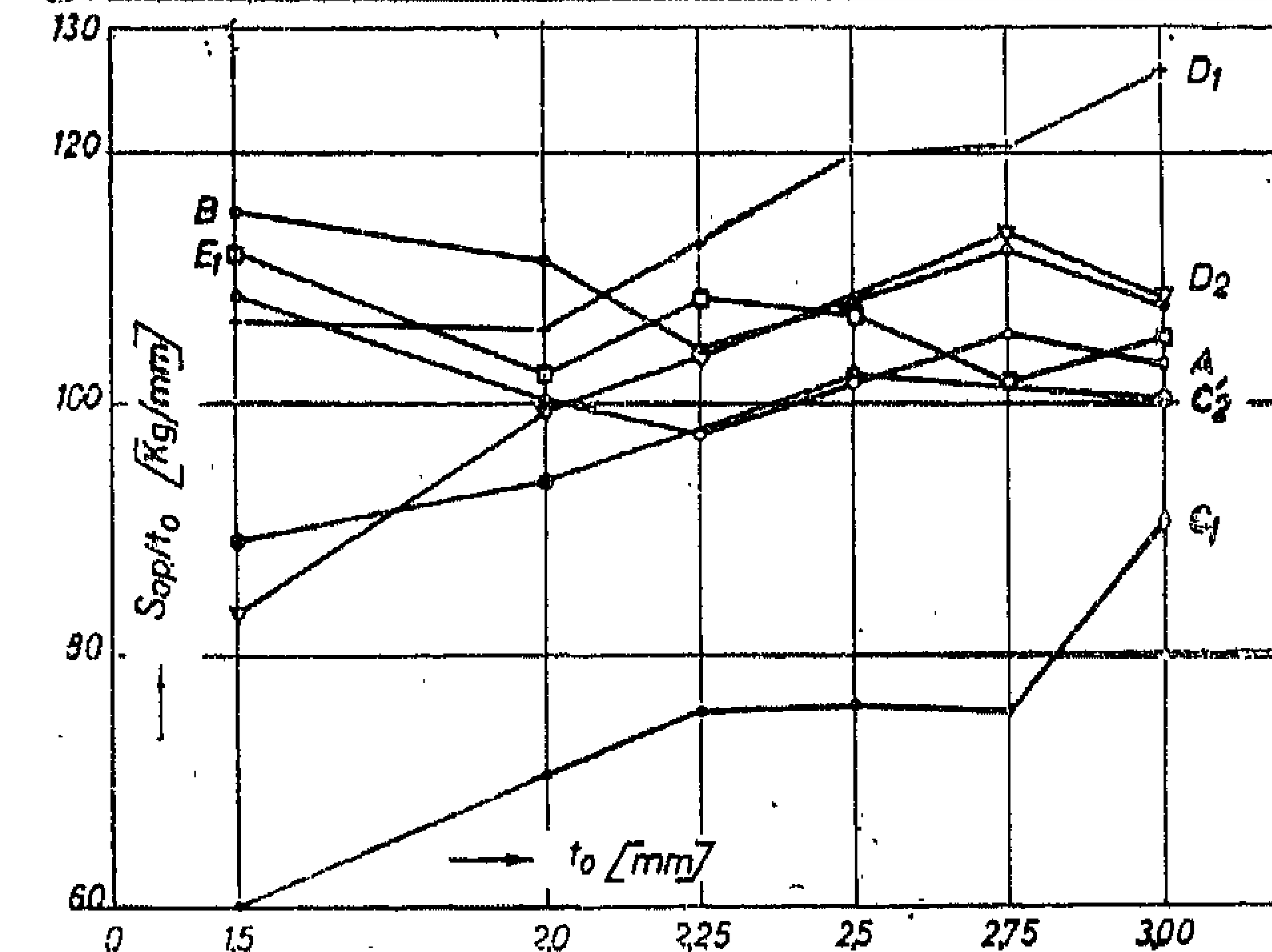


Fig. 25 (lower): Relationship between the related optimum values S_{op}/t_o and the strip thickness t_o, for all die types.

The same effect, results-in different weld strengths, so that, no comparable results w.r.t. the applied specific welding pressures or the resulting specific tension-shear strengths for the different die types used, could be correlated in a precise way. For that reason, it was though to find out a reliable and sure method of comparison beetween the different die types, which could be of practical significance, and which includes the various factors affecting the pressure welding process. This method will summarize the problem to a simple question: *"How high is the welding pressure necessary to produce, a unit tension-shear force?"* The answer to this indicates directly the importance of the ratio (P/S) between the welding pressure "P" and the resulting tension-shear force "S" of the weld joint. Therefore this ratio has been calculated for each weld test, and the minimum values of P/S for each die type and each strip thickness are got, and used as a measure for the "efficiency of pressure application". These minimum values correspond to optimum conditions, i.e. optimum weld strength ($S_{op.}$) attained by applying the lowest possible welding pressure (optimum welding pressure $P_{op.}$), as shown in table (6).

TABLE 6:

Ratios P/S for 2,25 mm-strips welded with die type "B"

Strip thick t_o [mm]	Weld thick. t [mm]	Thick. reduction η [%]	Welding Press. P [kg]	Tension-shear force S [kg]	Ratio P/S	REMARKS
2,25	2,85	36,75	1390	1,00	1390	
2,24	2,59	42,25	1495	6,50	230	
2,23	2,47	44,70	1560	32,00	48,75	
2,25	2,55	43,50	1600	47,50	33,70	
2,22	2,31	48,00	1655	85,00	19,47	
2,25	2,26	49,75	1700	190,00	8,95	
2,25	1,85	58,85	1890	231,50	8,16	*optimum condition*
2,22	1,66	62,50	1900	230,50	8,24	failure by tearing
2,23	1,68	62,20	2000	240,50	8,32	outside the weld joint.

The resulting optimum ratios ($P_{op.}/S_{op.}$) for the different die types as well as the corresponding optimum deformation degrees ($\eta_{op.}$), are plotted against the strip thickness (t_o) in figures (22 and 23). From the figures, it is clear that best results are attained with *die type "B"*, giving lowest ratios of P_{op}/S_{op} of about 8,0 for nearly all thicknesses used (for t_o = 2,0 mm, the ratio P_{op}/S_{op} = 6,8).

The next efficient die type is "C_1", followed by the other die types in the following sequence: A-E_1-D_1-D_2-C_2'.

Optimum deformation degrees ($\eta_{op.}$) lie in general between 50 and 70 % for all die types, except for types C_1 and C_2' (between 65 and 78 %) for the reason mentioned before. In general the optimum ratio ($P_{op.}/S_{op.}$) tends to decrease, and ($\eta_{op.}$) tends to increase, with increasing (t_o).

the area subject to deformation is less and the welding pressure is accordingly smaller, resulting in also a weld joint of smaller area and accordingly giving a smaller tension-shear force.

For die types A and B having flat faces of equal areas and nearly equal values of Θ (Θ is slightly smaller for A than for B), the values of P also differs in the same sense, but this difference is greater for smaller strip thickness t_o = 1,5 mm, and gradually decreases with the increase in t_o. This again gives some indication about the size effect of the die face w.r.t. the metal thickness, as the metal flows outwards, much easier under the deforming pressure when the metal thickness increases for a constant die face area. This ease of flow is more pronounced for the ring-type die "B" than the circular-type die "A", because with the former type the metal is allowed to flow in two opposite radial directions; inwards in the die hole and outwards away from the joint centre.

For die type "C_2'", the result is completely different, the corresponding straight lines are markedly steeper than those for other die types. The reason for this was found to lie in some difference in the properties of the material used for this die type (table 5). Weld tests made on the material used for the other die types (some remaining metal of thick. 2,0 mm was available), gave, with this die type "C_2", a straight line of nearly equal inclination as for the rest die types (figure 19, points with special marks). Also the welding pressures, necessary to produce optimum results, as used with this die type for all strip thicknesses, were higher than the corresponding pressures for all other die types. In fact, the corresponding straight lines for die type C_2', as given in figures (18-21) should therefore lie highest; this is true if same lines are shifted horizontally to the left, down to the mean (real) values of "η" which are approximately equal to only half the maximum values as calculated at the centre of the spherical indentation.

TABLE 5 :

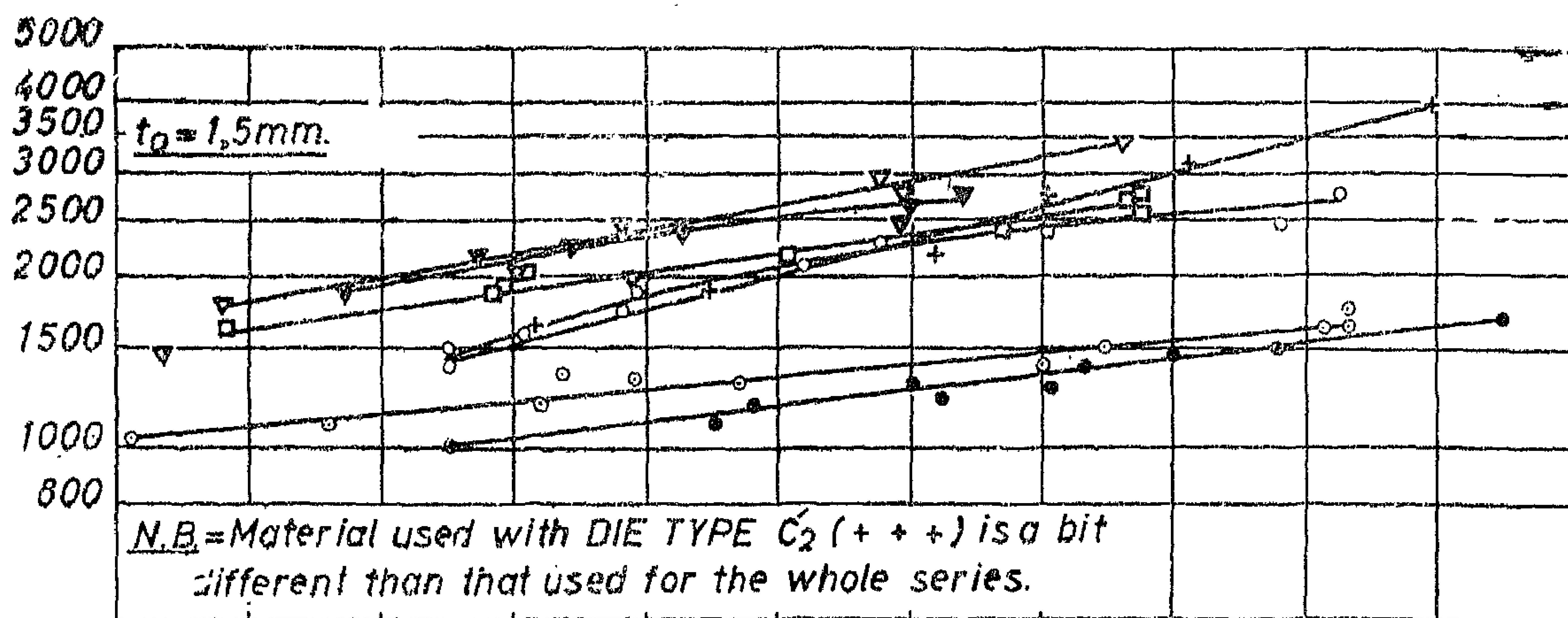
Mechanical properties of the material used for welding with die type "C'_2"

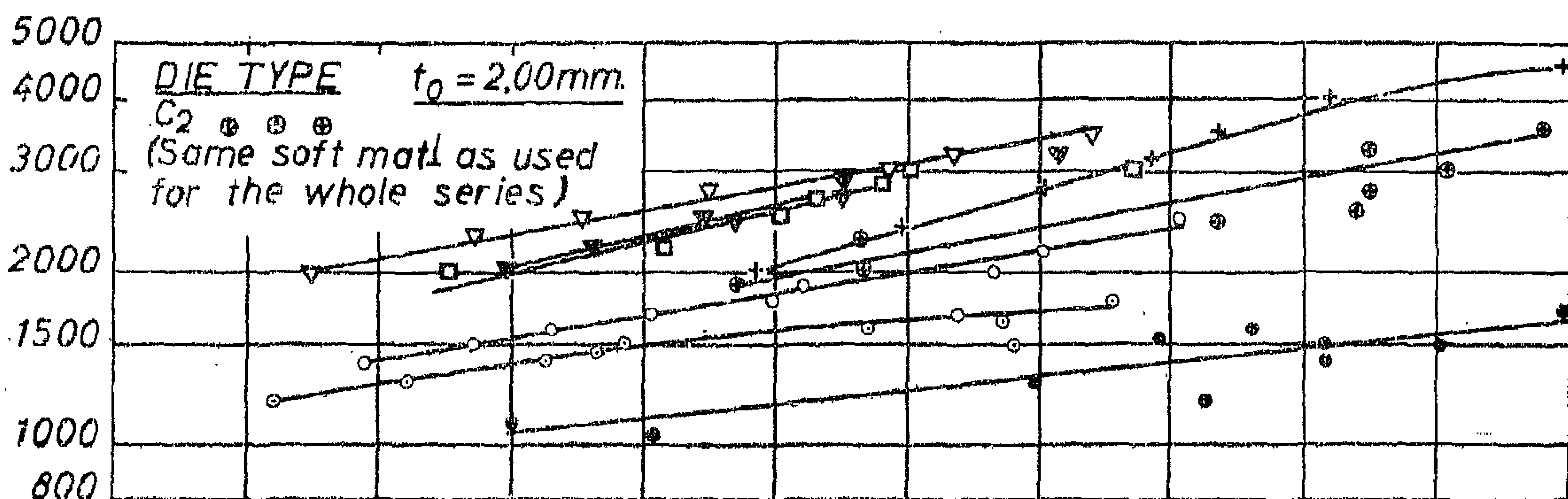
Strip thickness "t_o" [mm]	1,50	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Ult. tensile strength [kg/mm²]	7,53	7,77	7,85	7,92	8,13	7,95
Yield strength at 0,2 % [kg/mm²]	3,42	3,54	3,50	3,65	3,30	3,35
Elongation on 50 mms [%]	30,5	33,5	45,5	32,5	45,5	42,5
Brinell hardness [Nr.]	24,9	25,5	25,5	25,5	25,2	25,0

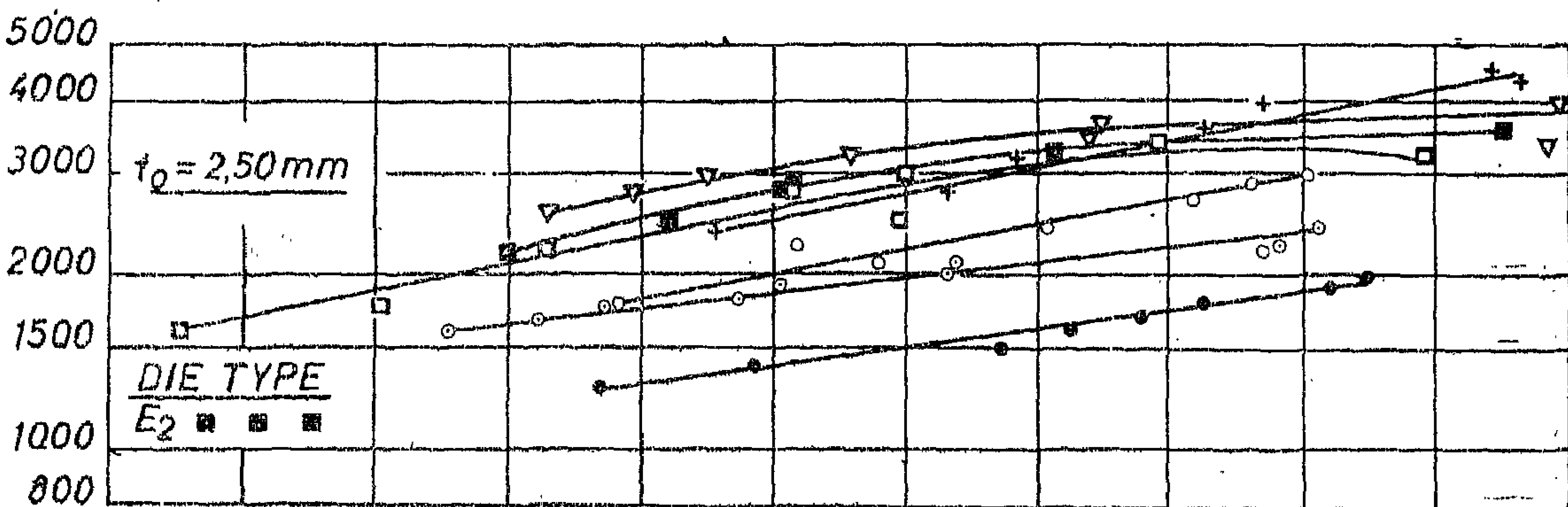
With die types "D and E", the pressures are higher for the rounded edged die "D" than the sharp edged one "E", due to the effect of the rounding on increasing the area under pressure, specially with the increase in "η". Also for type "D_1", the pressure is higher than with "D_2", because the metal flows easier when the rectangular face of the die lies with its axis parallel to the rolling direction (i.e. perpendicular to the specimen axis, in our case, "D_2").

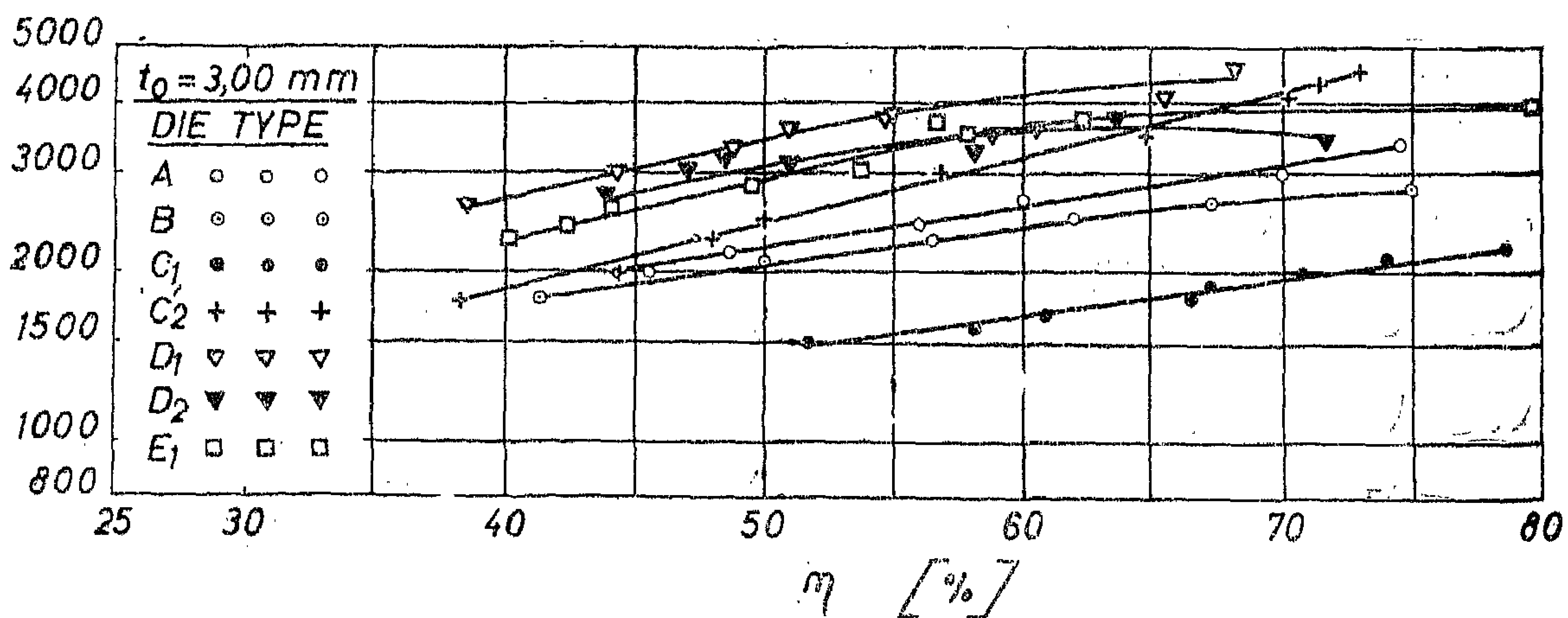
4.3 Efficiency of Pressure Application :

After discussing the previous relationships, it is clear that the different die shapes—although an effort has been made to use die sizes producing approximately equal deformation areas—affect the interface contact areas, respectively the weld areas, in a different manner due to different possibilities given to the metal to flow under the applied pressure.









Figs. 18-21 : Relationship between the Weld ing Pressure "P" and the Weld Deformation Degree "η", for the different die types, and using different strip thicknesses:
t_0 = 1,5 mm (fig. 18), t_0 = 2,0 mm (fig. 19),
t_0 = 2,5 mm (fig. 20), t_0 = 3,0 mm (fig. 21).

In other words, with increasing die face area relative to the strip thickness, or decreasing the strip thickness relative to the die face area, the curve representing (S) against (η) tends to become flatter and the weld begins at a smaller value of (η). The same result is to be noticed for the limit tension-shear force by almost all die types. This limit strength is attained at a lower value of (η) for smaller thicknesses than for bigger ones. In general, the limit values of (S) are got at a value of (η) ranging between 55 and 70 % for all die types except "C_1" and "C_2" for which the range lies between 70 and 80 %, because the values of (η) for those types represent the maximum and not the mean values.

The tension-shear strength values for die type "D" are higher and the corresponding curves flatter for "D_1", by which the rectangular face of the die is parallel to the specimen, axis, than for "D_2" where the rectangle is perpendicular to the specimen axis (figures 14-17). For the first case the die face presses the metal normal to the rolling direction (R.D. lies normal to the specimen axis) which results in less deflection of the specimen ends under the welding pressure, while for the second case, the deflection of the ends is considerable, also the necessary deformation amount for the weld beginn is higher, resulting in lower tension-shear forces for equal values of (η). The same result is to be expected with die type "E" with sharp edged rectangular face, which has been proved for one strip thickness of the series, viz. $t_o = 2{,}50$ mm, figure (16), where "E_1" showed also higher S-values than "E_2".

At the range of optimum values of "S" (upper flatter part of the curves), it is a common rule for all die types to get an increase in "S" when increasing the thickness "t_o". This is due to the fact that, for constant die face area, an increase in the strip thickness produces a corresponding increase in the contact area at the interface, accompanied naturally by an increase in the welding pressure "P". Therefore the weld area under the effect of the deforming pressure also increases resulting in higher S-values.

4.2 Relationship between the Welding Pressure and the Weld Deformation Degree :

The deformation degree "η" (% reduction in thickness) naturally increases with the increase of the welding pressure "P". It has been found for almost all die types and strip thicknesses, that "η" is directly proportional to "log P". The approximate straight lines giving this relation for the different die types and four different strip thickness are shown in figures (18-21). This result has been found also by the author for pressure butt welds carried on aluminium at welding temperatures below the recrystallisation range [1]. The lines, when extrapolated towards 0 % deformation, should necessarily meet the P-axis at a pressure "P_o" equivalent to the necessary yield strength of the material.

$$\text{i.e. } \log P = \log P_o + c\,\eta$$

$$\text{or } P = P_o \cdot e^{c\cdot\eta}$$

where : (c) is a constant factor depending mostly on the material properties and to a less extent on the die type and (P_o) is the equivalent pressure necessary to cause yielding to the material in question and is greatly dependent on the die type and size as well as on the material thickness.

It could be seen from figures (18-21) that for any strip thickness—the least pressures are got with die type "C_1", followed by the die types B, A, C_2, E, D_2 and at last D_1. In fact this difference in the welding pressures necessary to produce a certain deformation degree (η) is greatly dependent on the die type and the area subject to deformation. Although the projected face areas for the different die types (except die type C_2) are nearly equal, yet the taper at the die head is somewhat different (fig. 1). For larger values of "Θ" (as the case with die type C_1),

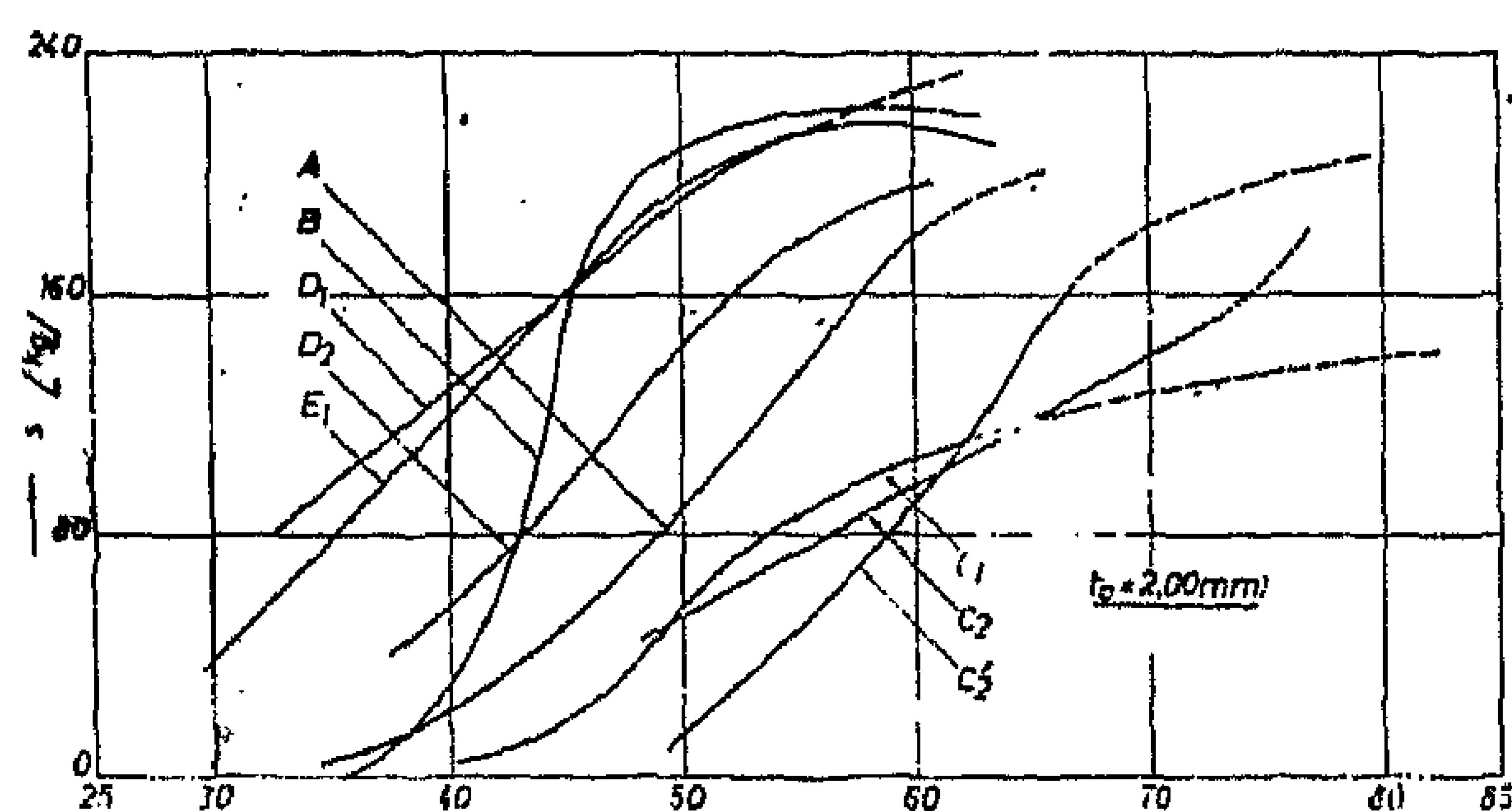


Fig. (15): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for a strip thickness t_o = 2.0 mm.).

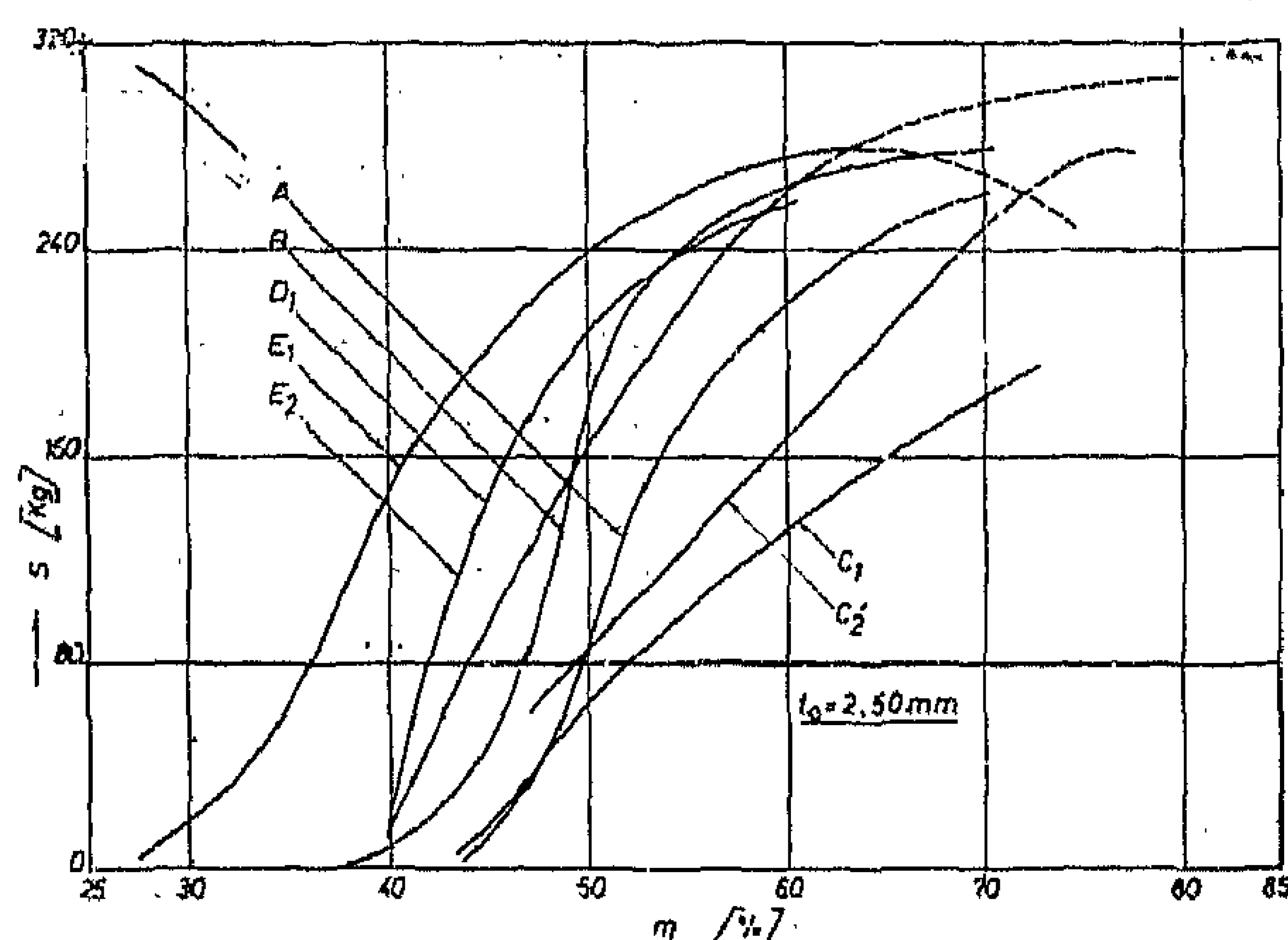


Fig. (16): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for a strip thickness t_o = 2.5 mm.)

being very close to this surface; while for heavier thicknesses, this deforming pressure has to press at first on the surface layers of the metal, transmitting its effect gradually on

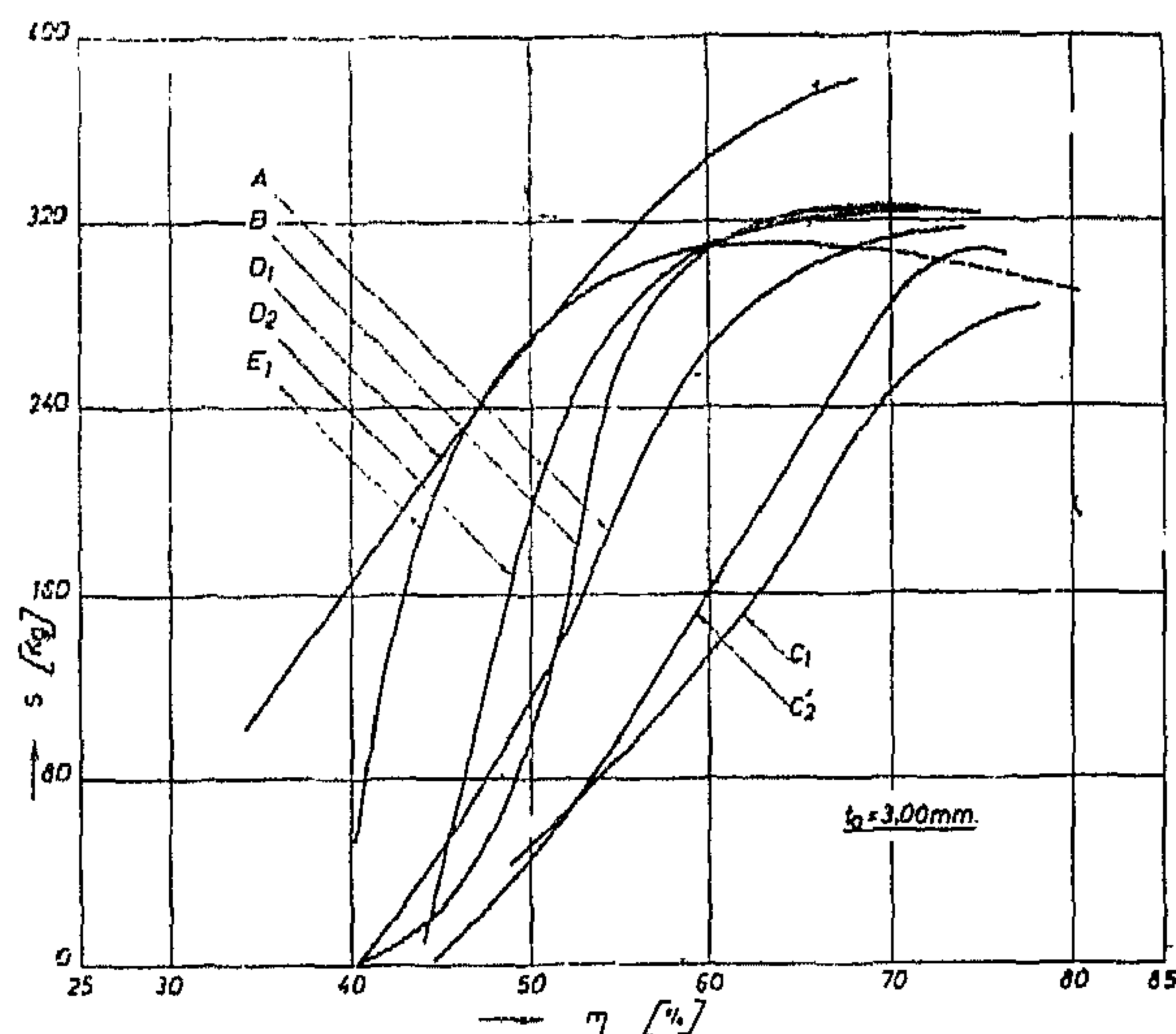


Fig. (17): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for a strip thickness t_o = 3.00 mm.).

the underlying layers till it reaches the interface where the pressure is distributed over a larger area (contact area in figure 6). Therefore until the necessary deformation for welding takes place at the interface layers, the die will have to go deeper in the metal thickness when the latter is thicker, for the same die size. In that respect, it is to be expected that higher pressing speeds will also try to concentrate the deformation on the surface layers, and induce less deformation at the joint interface, thus resulting in weaker welds. This has been proved from the following tests carried out at two different pressing speeds (table 4):

TABLE 4:
Effect of pressing speed on the resulting weld strength and deformation degree.

Die Type	t_o [mm]	P [kg]	η [%]	S [kg]	Pressing speed [mm/min.]
A	1,5	1520	47	20	15
A	1,5	1520	37	27	6
D_1	2,0	2400	38	99	15
D_1	2,0	2290	32	118	6
	3,0	3900	80	289	15
E_1	3,0	3700	56	316	6
E_1					

increase in strip thickness. For the die types (C_1 and C_2), the curves in general are considerably flatter due to the measured maximum values of (η) being taken at the centre of the

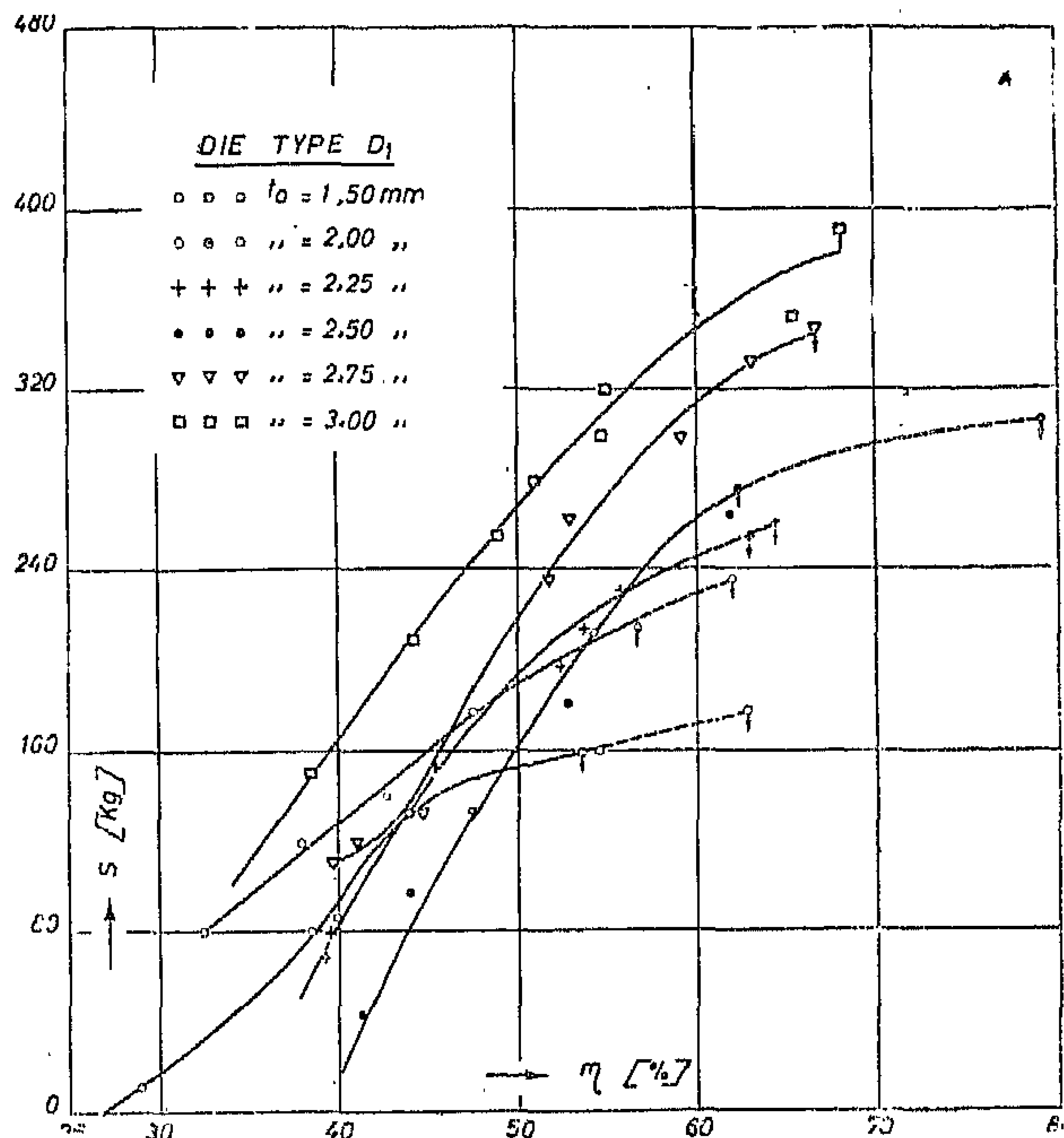


Fig. (11): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type D_1).

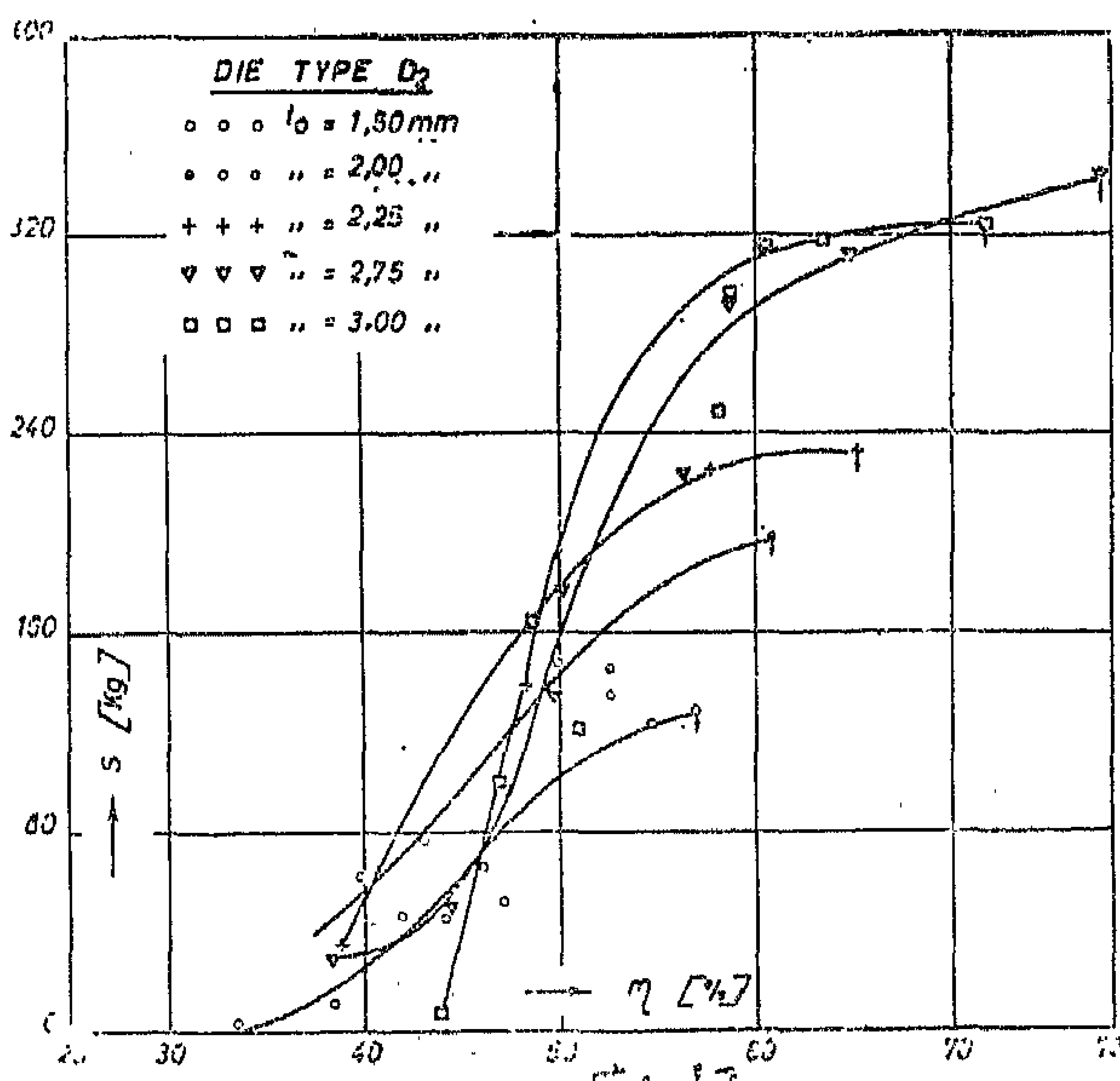


Fig. (12): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type D_2).

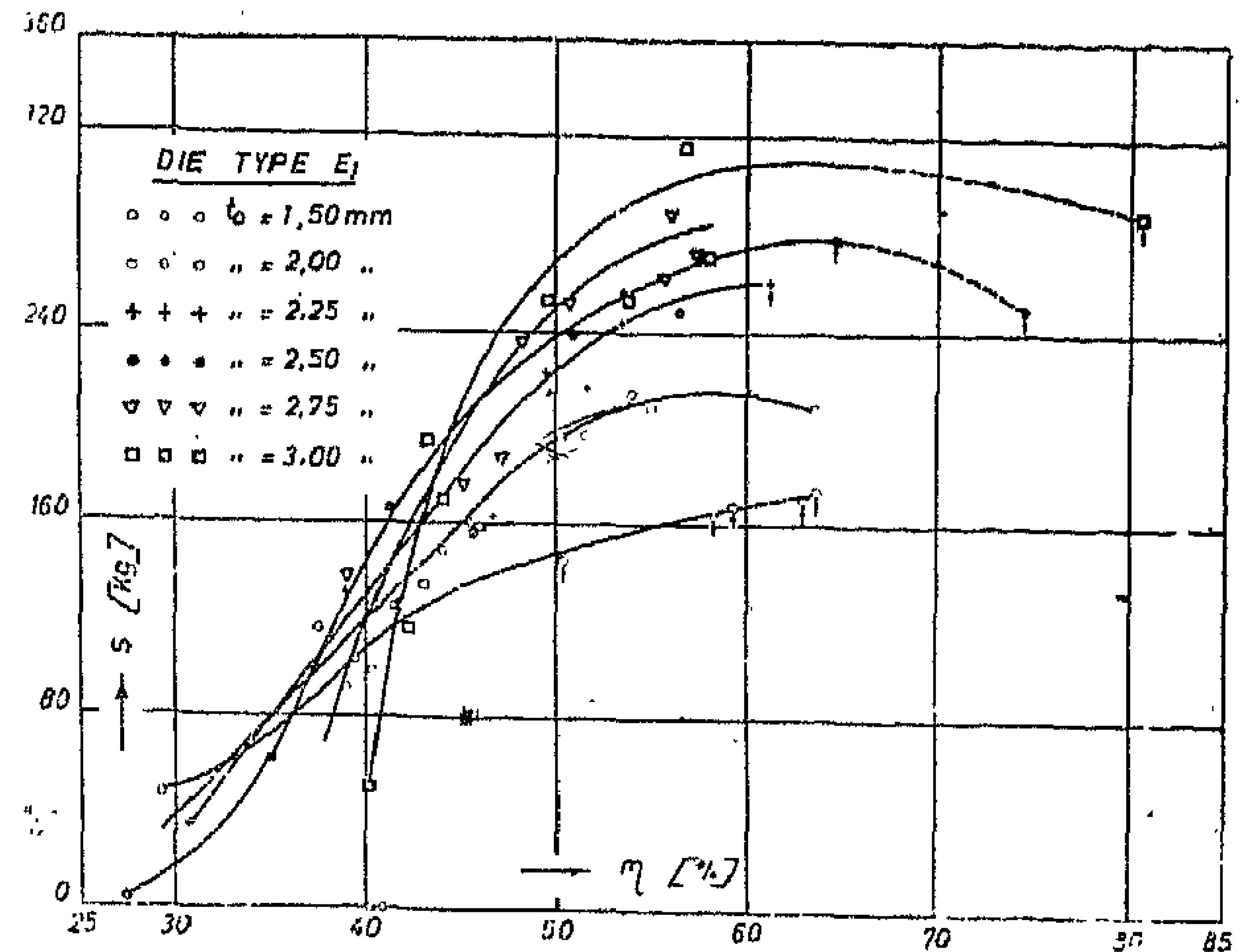


Fig. (13): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type E_1).

spherical indentation, and not the mean values of deformation, as stated before; the same effect—but to a less extent—is to be noticed by the die type "D" due to its rounded edges, the flattening of the curve being more pronounced for "D_1", with lower values of (η) than for "D_2". This is obviously clear from the grouped curves of the different die types with four different thicknesses (t_o) of: 1,5 — 2,0 — 2,5 and 3,0 mms, given in figures (14-17).

An explanation of the slope difference for the abovementioned curves by various strip thickness, is to be found in the following:

For t_o = 1,5 mm, the deforming effect of the die is transmitted quicker from the surface under pressure to the weld interface,

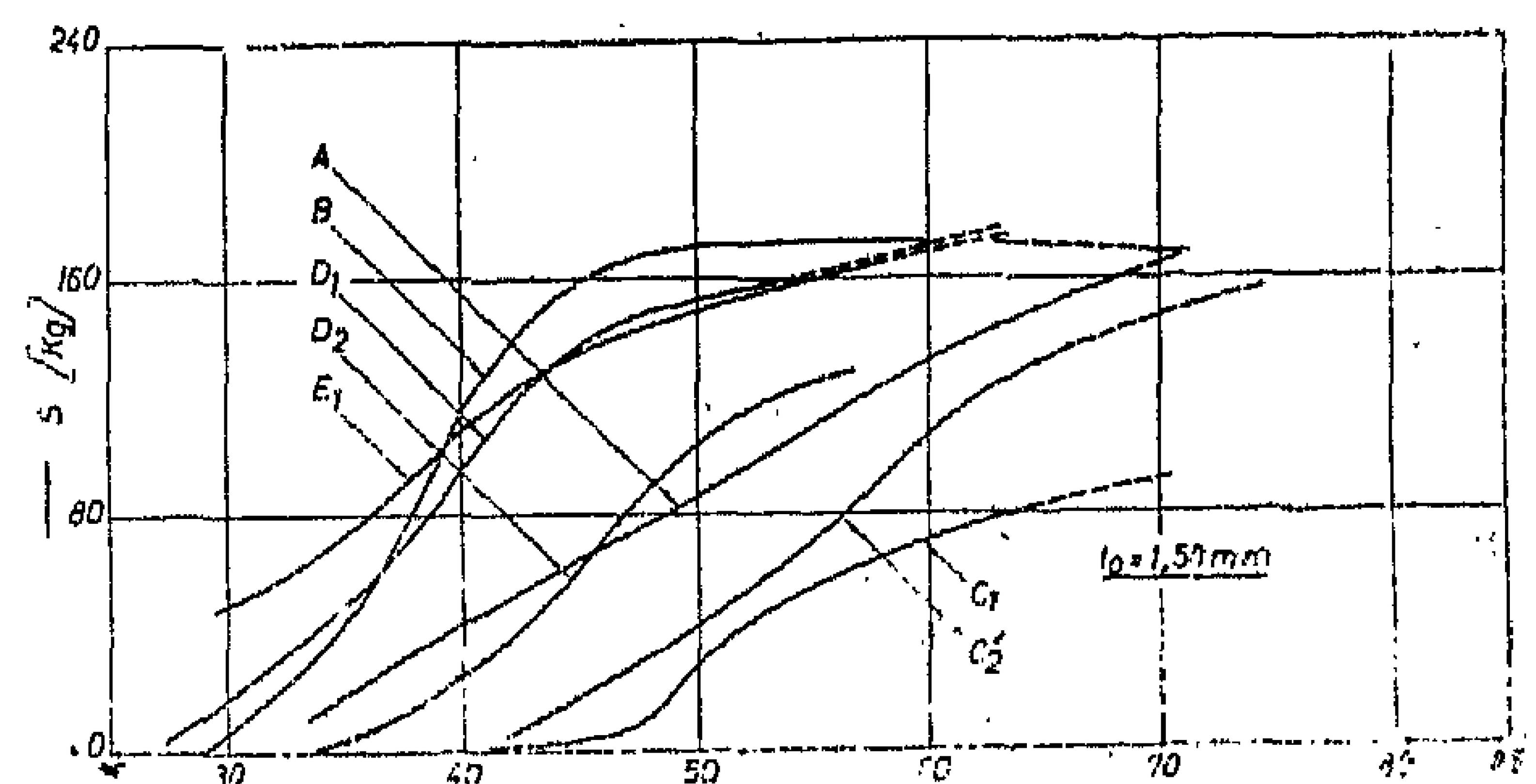


Fig. (14): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for a strip thickness. t_o = 1,5 mm.).

The curves representing the tension-shear force (S) against the deformation degree (η), figures (7-13) have in general, the same characteristic, with some difference for the different die types. The metal begins to weld, or stick (weld begin) at a certain degree of deformation, after which, the weld strength increases gradually at first slowly, then rapidly, with the increase in (η), till it arrives at a certain limit value (indicated by the first point marked with an arrow in the curves). Beyond this limit value, the weld strength either still increases with the increase of (η) — resulting from increasing the welding pressure (P) – for most of the die types; or remains nearly constant as with die type "B", or slightly decreases as the case with die type "E_1" (dached part of the curves). These dached lines represent weld strengths due to failure by tearing the material at the weakened, but less strain-hardened, zone located at the circumference of the strongly welded joint. This type of failure is not indicative for the tension-shear force of the welded joint, as it is affected by other factors specially the die shape characteristics, as mentioned before. Therefore, for purpose of comparison, the limit tension-shear force (or respectively limit weld strength) has to be considered when correlating the results.

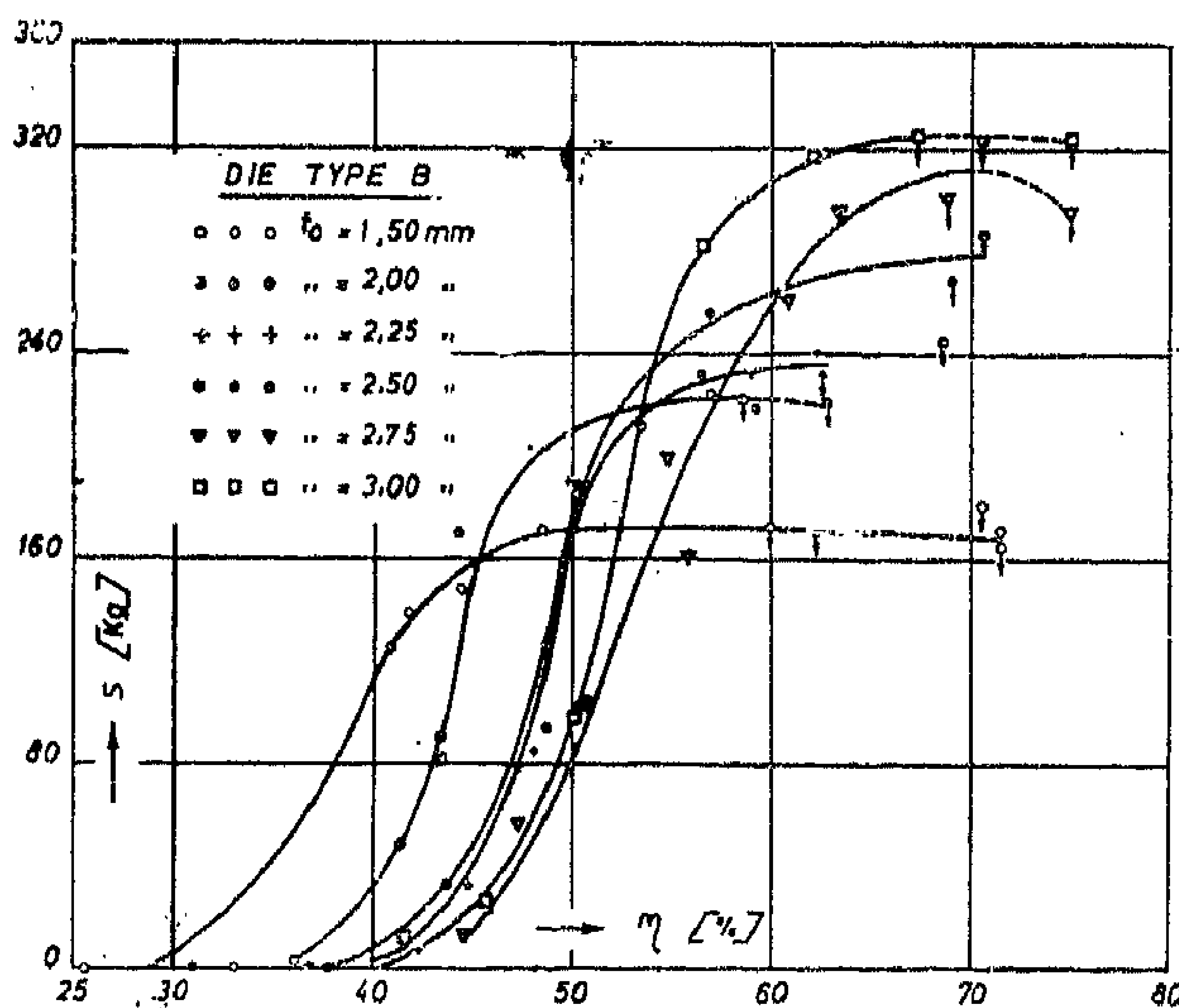


Fig. (8): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type B).

The weld begin—for most of the die types, specially die type "B" and to a reasonable extent for die types "D_2" and "E_1"—takes place at a small deformation degree which gradually increases by the increase of the strip thickness "t_o", e.g. with die type "B", it takes place at about 28 % η with t_o = 1,50 mm while for 3,00 mm thickness, the value of η is about 42 %. Also the slope of the rising part of the curves is flatter with small thickness and tends to become steeper with the

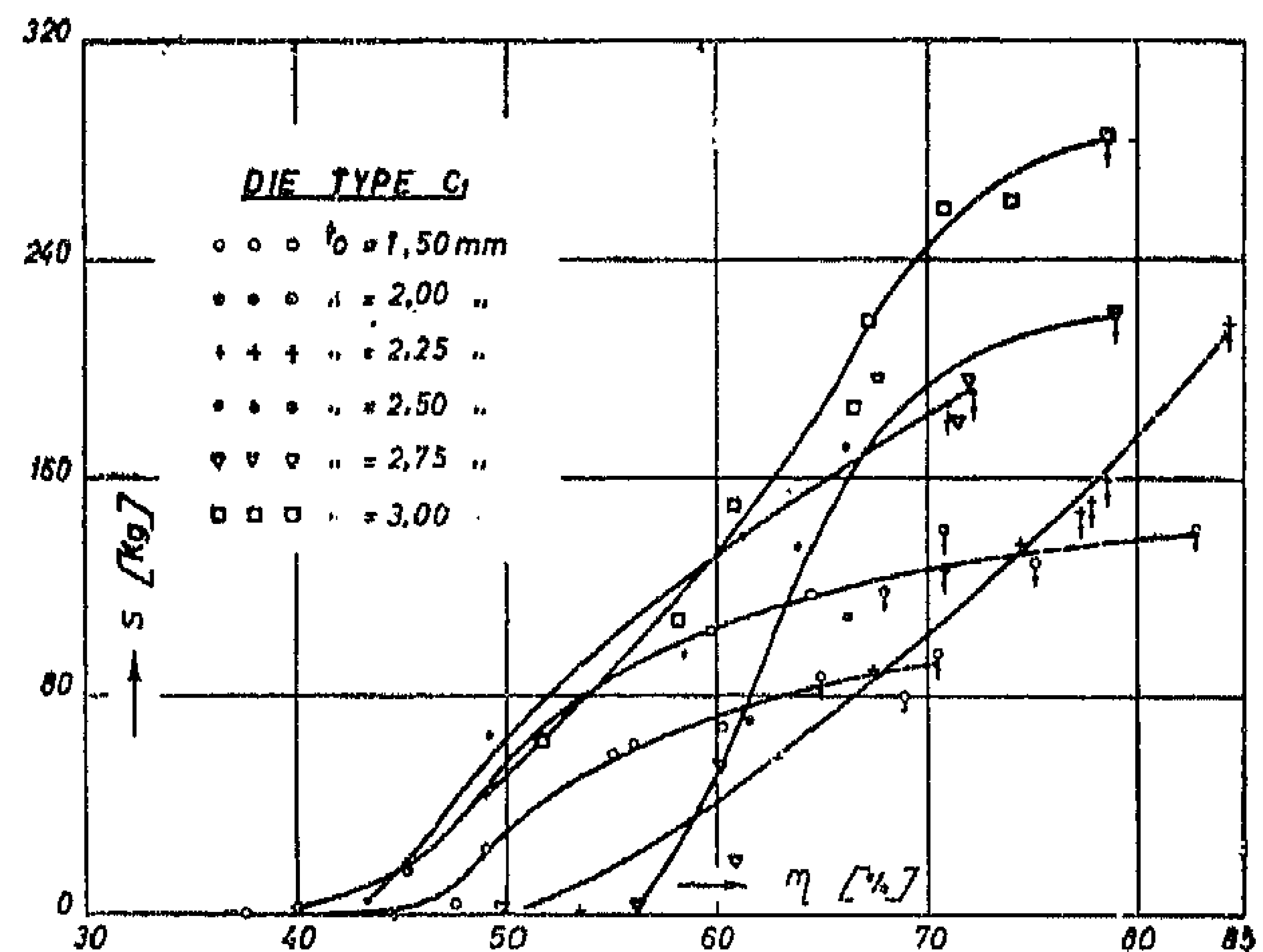


Fig. (9): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type C_1).

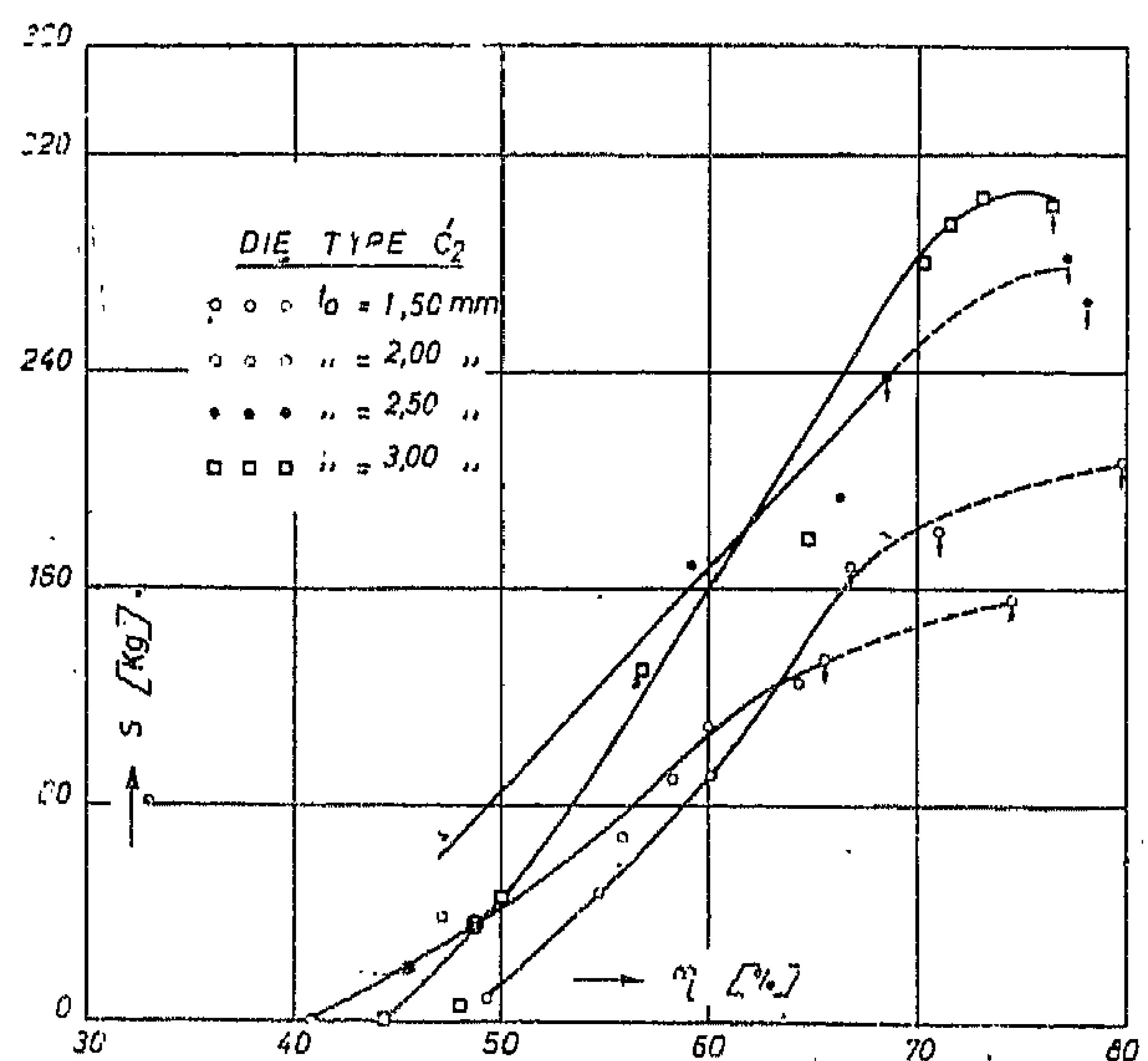


Fig. (10): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type C_2-).

4. RESULTS.

The test results for the different die types and the various strip thicknesses are plotted on a series of curves from which the effect of the different factors controlling the weld strength could be evaluated. For the preliminary tests, the experimental points, were scattered considerably because of the unavoidable need to attain a certain degree of reproducibility in the manual performance of the wire-brushing technique. After some experimentation, reliable results have been reached, which were reasonably reproduced under similar conditions, within allowable limits (± 5 %), so that each experimental point on the curves represents the mean result of at least two weld tests. The experiments comprised about 700 weld tests.

4.1 Relationship between the Weld Deformation Degree and the Tension-shear Force:

The weld deformation degree is represented by the percentage decrease in thickness (η) of the material lying under the die faces:

$$\eta = \frac{2\, t_o - t}{2\, t_o} 100\ \%$$

where t_o = original thickness of the strip part (measured in each case with an accuracy of ± 0,005 mm, and found to deviate within a tolerance of + 0,03 mm & — 0,05 mm from the nominal thickness).

t = final minimum thickness of the welded joint. For the dies with flat faces (types A, B and E), the thickness "t" is uniform and, for this case "η" represents the real degree of deformation, while for the die types (C_1, C_2 and D) the thickness "t" is measured at the central thinnest zone of the joint, so that "η-values" for these types were considerably higher, specially for die type "C_2" due to its characteristic spherical head of 2 mms depth, thus producing a pure spherical indentation with almost all strip thicknesses and deformation degrees extending up to their optimum values. For die type C_1, its spherical head of 8,0 mms diameter and about 0,6 mm depth ending with a cone angle of 80°, produces a smaller size conical indentation ended at the bottom with the spherical part. This die type showed also—for that reason—the least values of welding pressures, as will be shown later.

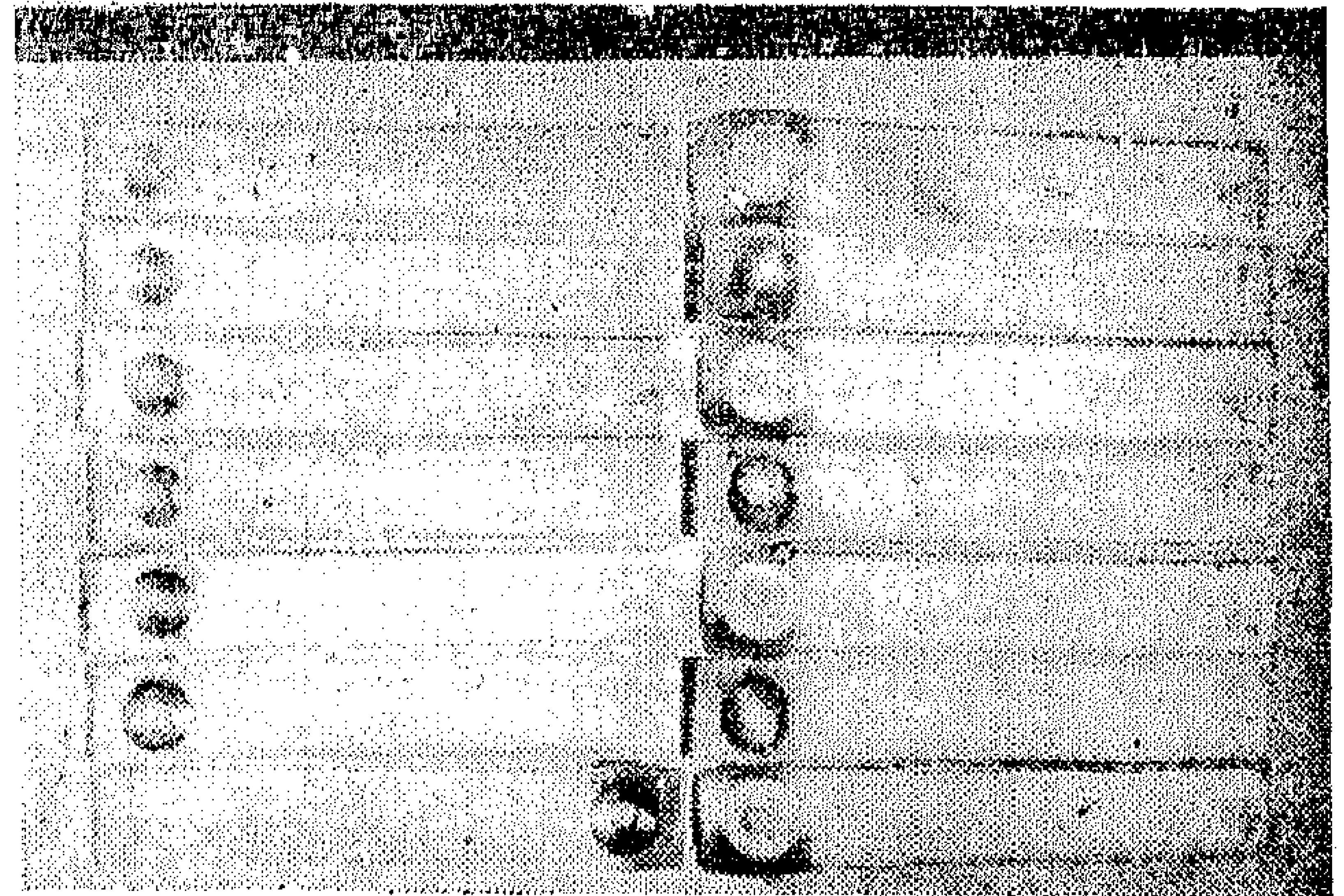


Fig. (6 B): Specimens welded with die type "C_2" at increasing deformation degrees, then tested under tension-shear. The left row is arranged downwards with increasing deformation degrees, the lowest specimen pair (right & left) failed under tearing in a small circle at the centre of the weld joint (limit weld strength). The right row is arranged upwards with still increasing deformation degrees, showing the increase in contact area.

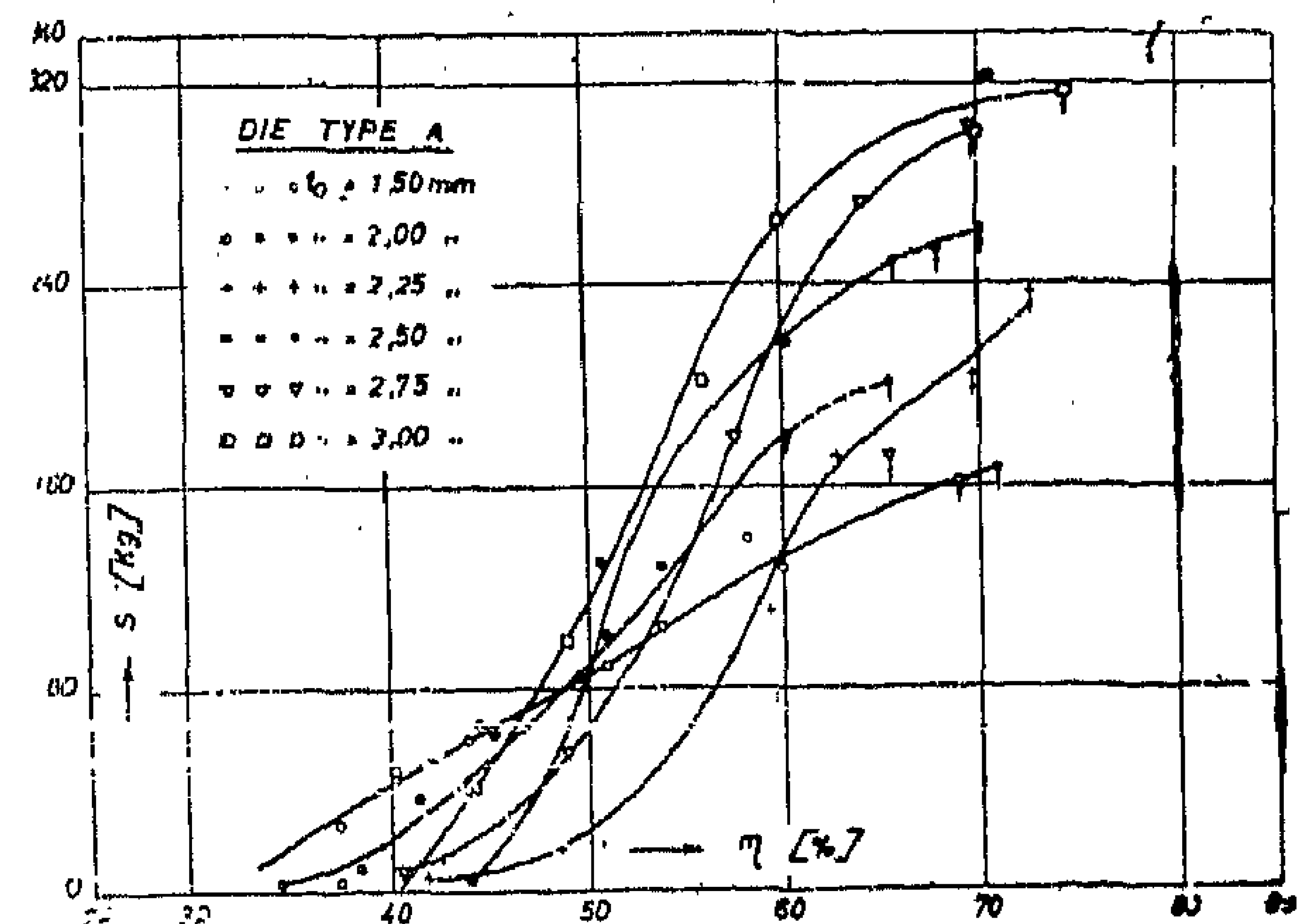


Fig. (7): Relationship between the tension-shear force and the percentage deformation (for die type A).

The tension-shear strength, respectively the pure tension-shear strength is got by dividing the tension-shear forces by the loaded weld area. This weld area has a more or less theoretical meaning; in practice it is generally much more interesting to know the real load which the welded spot can support. In addition to this, it is sure that the test load is not equally distributed over the welded area; which fact was confirmed for electric resistance spot welds [6] by boring the specimen at the central part of the spot lense; the remaining ring of the lense gave a higher tension-shear strength than that obtained for the full lense area. Also the weld area (or contact area) is not equally affected by the applied welding pressure, as in general the central part of the interface is subjected to a higher concentrated squeezing stress than the peripheral zone of the interface area (fig. 6); this condition becomes much more pronounced for the die types C and D because of the particular shape of their faces which result in much more concentrated pressure at the central zone of the weld area. This was confirmed by tension-shear tests on specimens which were subjected to high deformation degrees, where failure occcured by tearing around a small area—at the centre of the welded interface—which increased by increasing deformation degrees, giving a higher tearing load (table 3).

TABLE 3

Effect of die type on the tension-shear force (near optimum conditions), due to varying forms of weld pressure concentration.

Die Type	t_0 (mm)	P (Kg)	η (%)	S (Kg)	REMARKS
A	2,00	2220	60,1	180	Teared out in a 4 mm Φ-circle
	2,00	2500	65,4	201	Teared out in a 6 mm Φ-circle
B	1,50	1630	71,5		Teared out around the ring circumference
	1,50	1630	70,6		Pressed flat after welding, and teared out around the ring circumference
C_1	1,50	1465	64,9	87	Teared out in a 2 mm Φ-circle
	1,50	1600	70,5	96	Teared out in a 3 mm Φ-circle
	1,50	1645	77,2	148	Pressed flat after welding and teared out in a 5 mm Φ-circle
	2,00	1410	70,8	126,5	Teared out in a 2 mm Φ-circle
	2,00	1680	82,7	141,0	Teared out in a 6 mm Φ-circle
C_2	2,00	2980	75,5	165	Teared out in a 4 mm Φ-circle
	2,00	3525	79,0	184	Teared out in a 7 mm Φ-circle
D_1	2,00	3225	56,7	213	Teared out in a small ellipse
	2,00	3520	62,0	236	Teared out in a larger ellipse
D_2	2,00	2500	47,2		Failed during flat pressing, after welding
	2,00	2500	47,2	52	Failed under shear, after flat pressing
	2,00	2500	47,5	148	Failed under shear, without flat pressing
	2,00	3200	60,7	198	Teared out, without flat pressing
E_1	1,50	2200	50,3	145	Teared out in a small ellipse
	1,50	2580	63,6	174	Teared out in a larger rectangle
	1,50	2800	65,6	15	(ineffective wire brushing)

sensitive finger feeling which has to be reproduced for each specimen, since any slight difference in the uniformity of the brushed surfaces can greatly affect the resulting weld strength (table 3, type E_1).

The specimens are immediately mounted in the welding apparatus with their brushed surfaces mating together with a 20,0 mms overlap, and the welding pressure is applied at a constant speed of 6,0 mms/minute. The pressure is recorded against the die displacement. After relieving the pressure the welded specimen is dismounted and the weld bead thickness is measured. After finishing each series of welds, the specimens were tested for tension shear strength in a 500 kg. tensile testing machine, of make, "WPM", at a speed of 10,0 mms/min.

3.5 Tension-shear tests :

The values of shear strength (in kg/mm²) —as used with lap welds—are affected by factors other than the mechanical properties of the pressure welded interface, notably by the stiffness of the joint members and the resulting effects on the conditions of stressing during shear tests. In the shear tests, under tensile load (tension-shear tests), the free ends of the specimen strip, are clamped in the jaws of the tensile testing machine, then loaded until failure occurs. The maximum load carried by the specimen (apparent load) gives the tension-shear force of the weld bead. This test does not indicate the actual tension-shear force, because the strips tend to bulge and deflect during loading (and also during pressure welding, with varying amounts for different die types and various strip thickness), so that the actual shearing load is surcharged by an increasingly introduced head load (figure 5 A). The pure tension-shear force can be obtained if the specimen is vertically guided in the testing machine (fig. 5 B) to avoid bulging and deflection of the specimen. As this loading type is hardly met with in practice, it was found sufficient enough, for the sake of simplicity, to take the apparent load as the tension-shear force "S" for comparing the results.

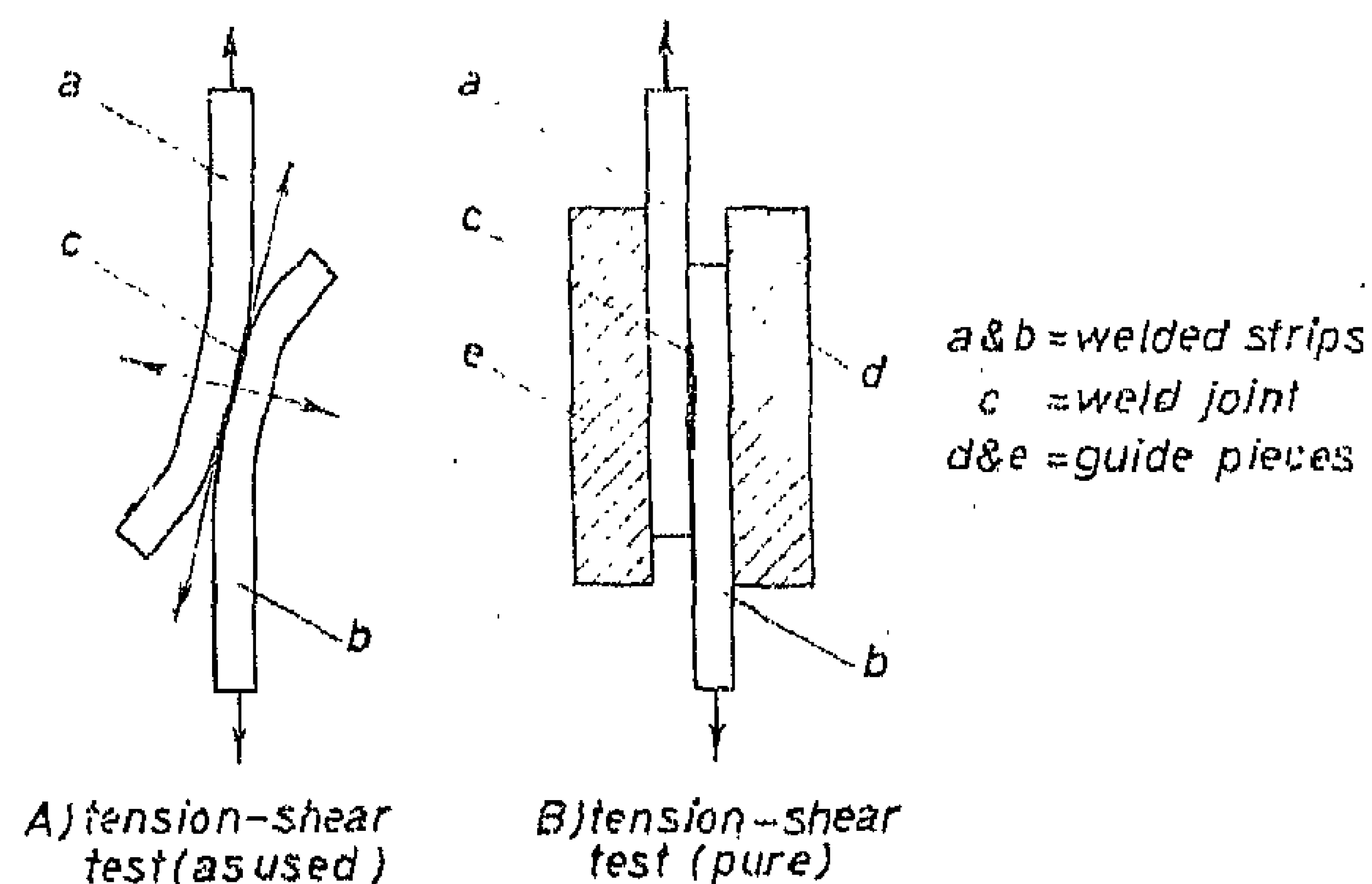


Fig. (5 A and 5 B): Position of the welded specimen in the tension-shear test.

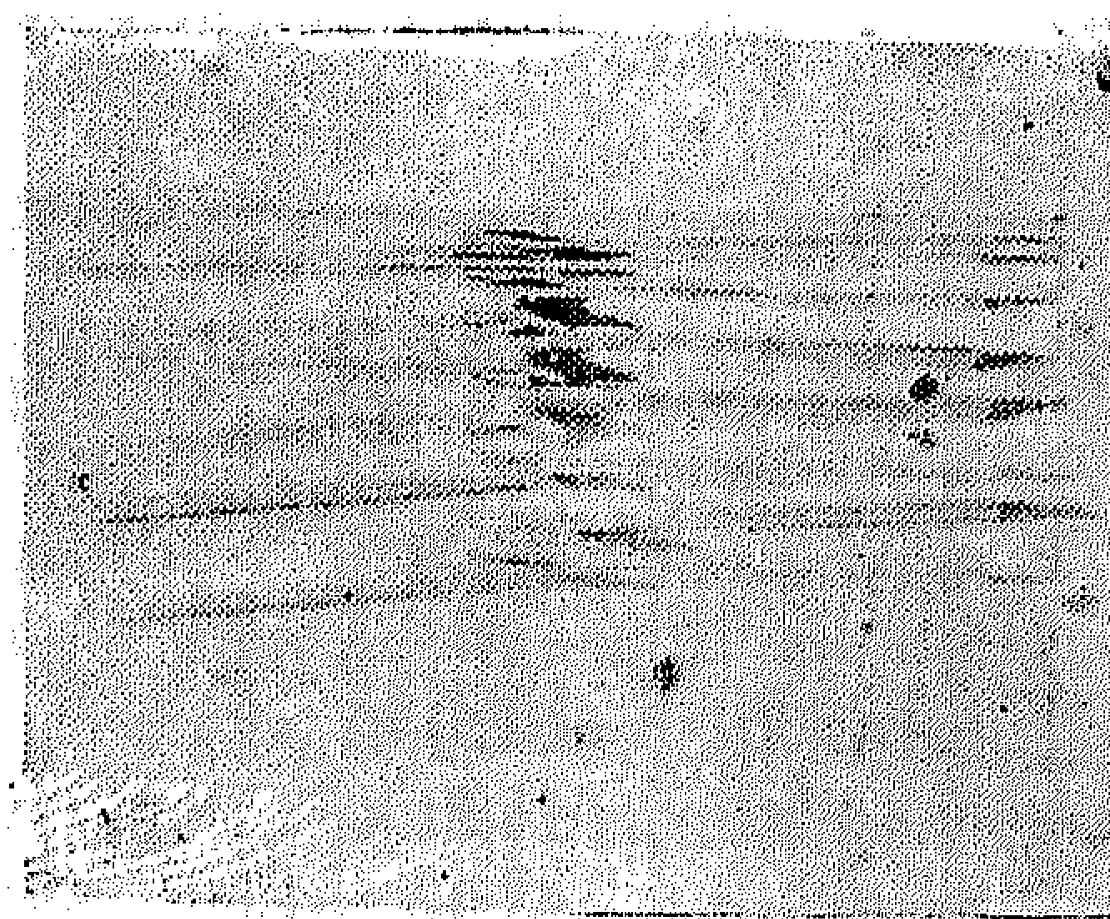


Fig. (5 C): Some specimens of different thicknesses, welded with different die types; showinf the deflection taking place in the material around the weld-joint. The two lowest specimens were pressed flat after welding.

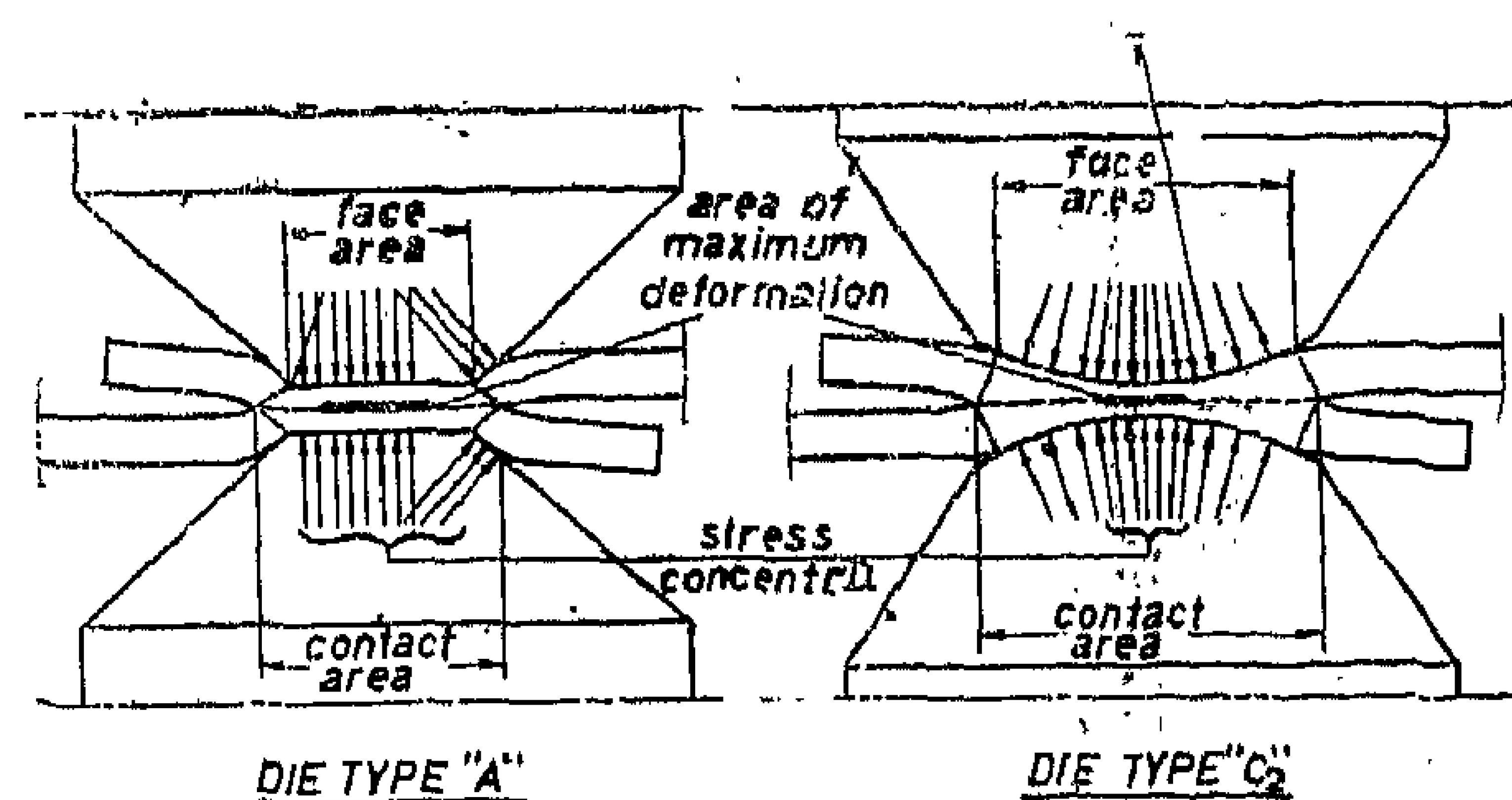


Fig. (6 A): Effect of die type on the contact area, and the stress concentration at the area of maximum deformation.

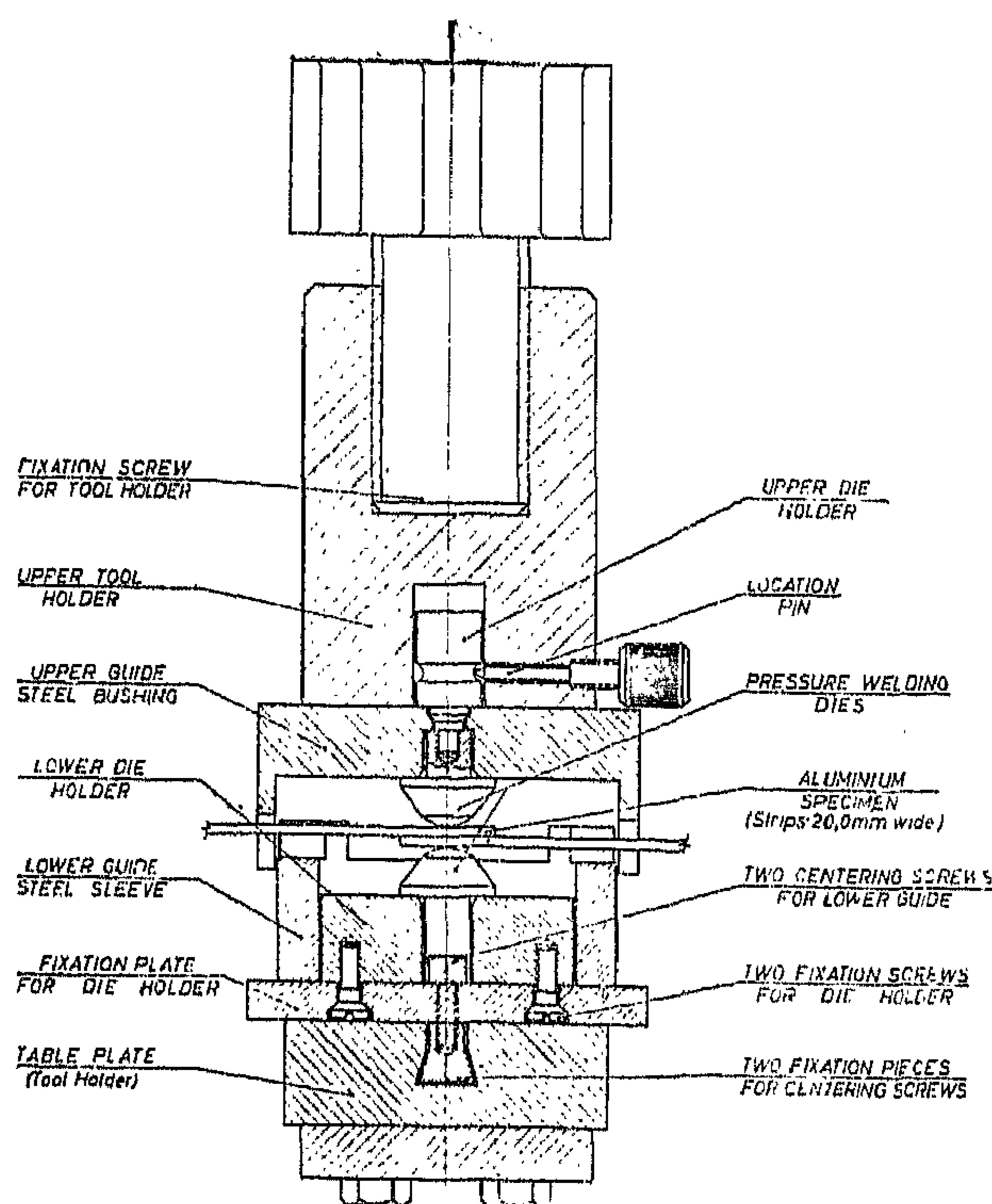


Fig. (3) : Pressure welding apparatus used for the Lap Welding Tests.

3.3 Pressure Welding Apparatus :

Each pair of dies have equal stem diameters (K — 15,0 mm) and different stem lengths. The upper die stem is screwed to the upper die holder located in the tool holder of the testing machine, and fixed in place by the locating pin, figure (3). The upper die fits centrally in the base of a guide steel bushing, which slides—during the upper pressure stroke-over the lower guide steel sleeve which in turn fits around the lower holder carrying the lower die, to ensure perfect concentricity for the die pair during the welding operation. The welding apparatus, specially designed for the purpose, is mounted in a 5-ton tensile-compression testing machine, type "WPM", fig. (2). The lower die holder is screwed to a bottom fixation plate whose lower face is milled from two opposite sides to leave a central straight projection shaped like a dove-taii. From this dove-tailed projection, the lower die holder can be made to slide horizontally in the respective slot of the table plate, till it comes in the central position under the upper die holder, then clamped in the table plate by the fixation screws located on both sides of the fixation plate. The screws puch the two end pieces (dove-tailed to the same shape of the slot) to clamp on the tapered sides of the slot.

The upper guide bushing as well as the lower guide sleeve have four radial slots—perpendicular to each other—on their edges 21,0 mm wide and of adequate depth to enable coaxial location of the specimens to be welded. Both dies slide-fit in their holders for easy changing the different die types.

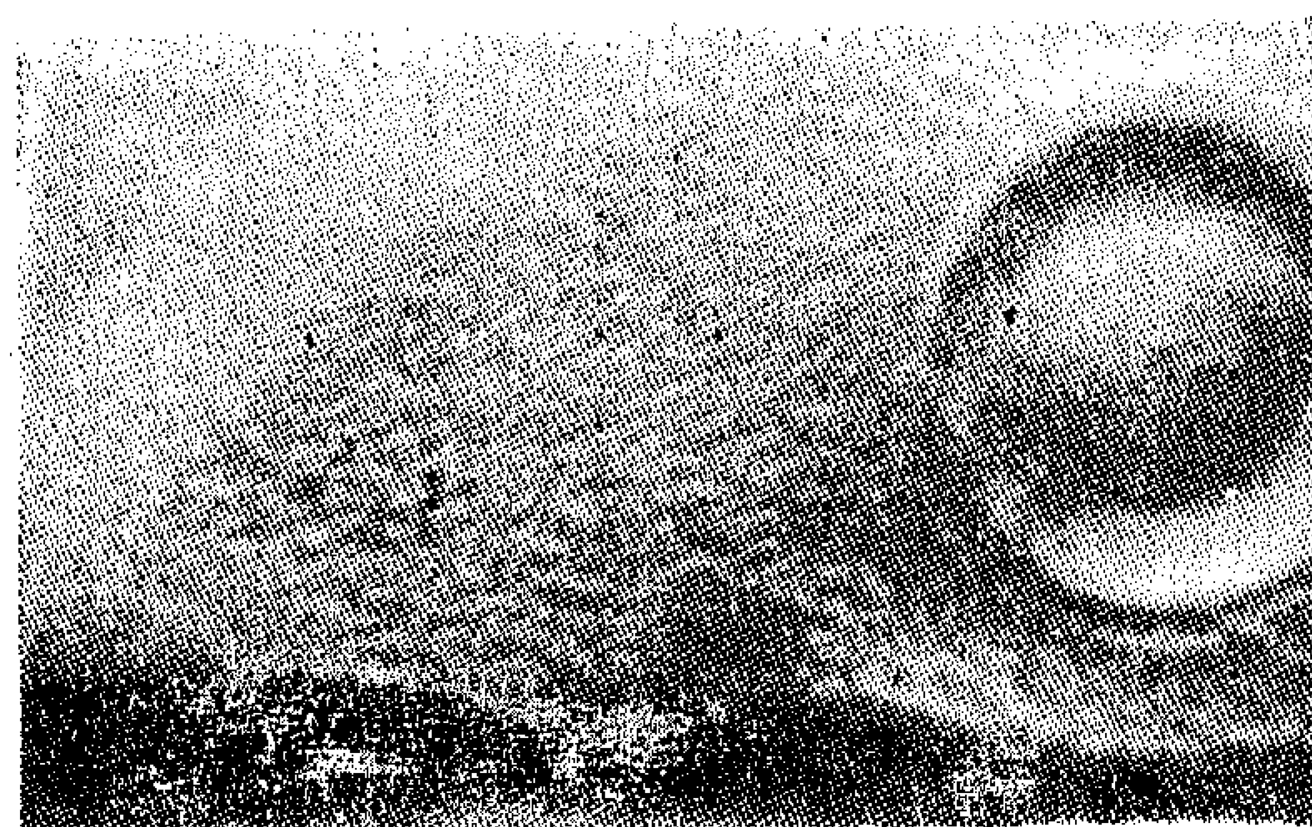


Fig. (4) : Material surface after wire-brushing. The photograph is for a weakly-welded specimen with die type C_2, failed while pressed flat after welding.

3.4 Welding Procedure :

The welding specimens, numbered on one end, were first cleaned by dipping in gasoline, degreased by trichlorethylene, then wire-brushed from the other ends on the faces to be welded. This was done on a rotating steel-wire brush of 125 mms diameter rotating at 3000 r.p.m. and having a steel wire of 0,3 mm diam. Wire brushing took place by applying a slight finger pressure against the specimen, the latter is fed axially across the periphery of the brush in both directions. Feeding was done by hand in a fine manner and every stroke the specimen is displaced slightly to bring a new surface under the effect of the rotating wire. This was repeated three times, till a characteristic relief polished, orange peal like surface appears, figure (4). The arrival to this surface condition needs a

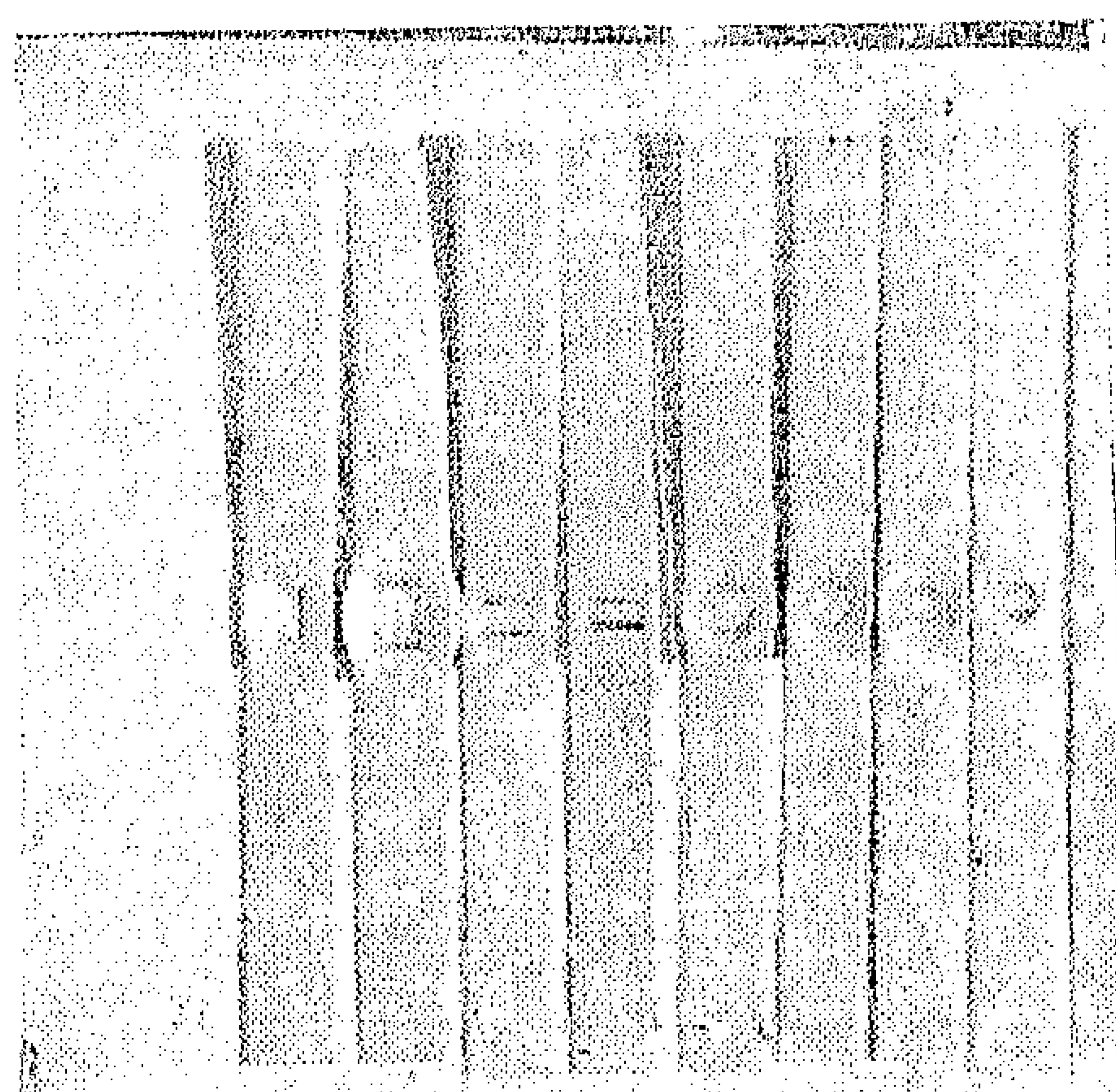


Fig. (1 B): Some weld joints made by the different die types. (From right to left: Type B & C_1 pressed flat, C_1, A, B, E_2, D_2, D_1 & E_1)



Fig. (2): Pressure lap welding apparatus mounted in the 5-ton tensile compression testing machine, of Make "WPM".

TABLE 2:

Mechanical properties of the material used for welding

Strip thickness "t_o" [mm]		1,5	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Ult. tensile strength	[kg/mm²]	8,0	7,5	7,8	7,7	7,75	6,9
Yield strength at 0.2 %	[kg/mm²]	3,5	3,6	3,5	3,25	3,4	3,2
Elongation on 50 mms	[%]	30	28	34	32	35	25
Brinell Hardness	[Nr.]	25,2	23	25,2	23,7	24,9	22,7

3.2 Pressure Welding Dies :

The dies used are of the shape and dimensions given in fig. (1)and table(1), all of approximately equal face areas of 50 mm², except the die type C_2 with spherical face of 15 mm diam. at the junction of the sphere with the conical head. The dies are made from carbon tool steel rods 30 mms diameter, machined to the required form then hardened and polished. These die forms have been chosen to cover, qualitatively, most geometrical shapes that probably can affect the deformability of the material under the welding pressure ; viz :

Type A : circular, flat.
Type B : ring, flat.
Type C : circular, spherical (two sizes C_1 and C_2).
Type D : rectangular, rounded edges.
Type E : rectangular, sharp edges.

From the quantitative point of view, it was not tried to vary the size of the pressure faces of the dies since this variation will result in about the same size effect, if any,—on the necessary specific pressure, the optimum deformation degree or the optimum weld strength—as the variation of the material thickness by keeping the size of the pressure faces unchanged.

factors are: The welding pressure (P), the degree of deformation (η), the ratio of the welding pressure to the tension-shear force (P/S, which is suggested here to be a direct measure for the efficiency of applying the welding pressure), the related value of the optimum welding pressure to the metal thickness ($P_{op.}/t_o$) and the related value of the optimum or limit tension-shear force to the metal thickness ($S_{op.}/t_o$). The last mentioned related values are introduced to give an idea about the size effect of the die faces, if any.

TABLE 1:

Types and Dimensions of the Pressure Welding Dies used in the Tests
(H = 25 mms and K = 15 mms). See figure (1).

Die Type	h [mm]	n [mm]	d [mm]	d_1 [mm]	d_2 [mm]	m [mm]	Θ [deg.s]	R [deg.s]	a [mm]	b [mm]
A	13	5	8	—	—	—	38	—	—	—
B	13	5	—	10,5	6,8	—	42	—	—	—
C_1	15,5	2,5	8	—	—	0,6	50	15	—	—
C_2	13,5	2,5	15	—	—	2,0	52	15	—	—
						(Θ_1)	(Θ_2)	(r)		
D	11,7	5	—			45	31	3	4	12,5
E	11,7	5	—			41	30	3	4	12,5

3. TEST METHOD

3.1 Material tested:

The material chosen for the tests was soft pure aluminium 99.5 % delivered from Factory 63 in Helwan, in strips of 120 mms width and 1,0 mt. length in the following nominal thicknesses.

t_o = 1,5 — 2,0 — 2,25 — 2,50 — 2,75 and 3,00 mms.

The strips were sheared across their width into smaller strips 20,0 mms wide to be used for the lap welding tests. The as-delivered material was 10 % cold rolled after annealing. Preliminary weld tests on this material gave very poor welds under excessive pressures. Therefore the test specimens were again soft annealed in an electric resistance muffle furnace at 390°C for 3 hours, then quenched in water. The resulting material, after degreasing and wire brushing, gave satisfactory welds under normal pressures and deformation degrees. This material showed the following mechanical properties; table (2):

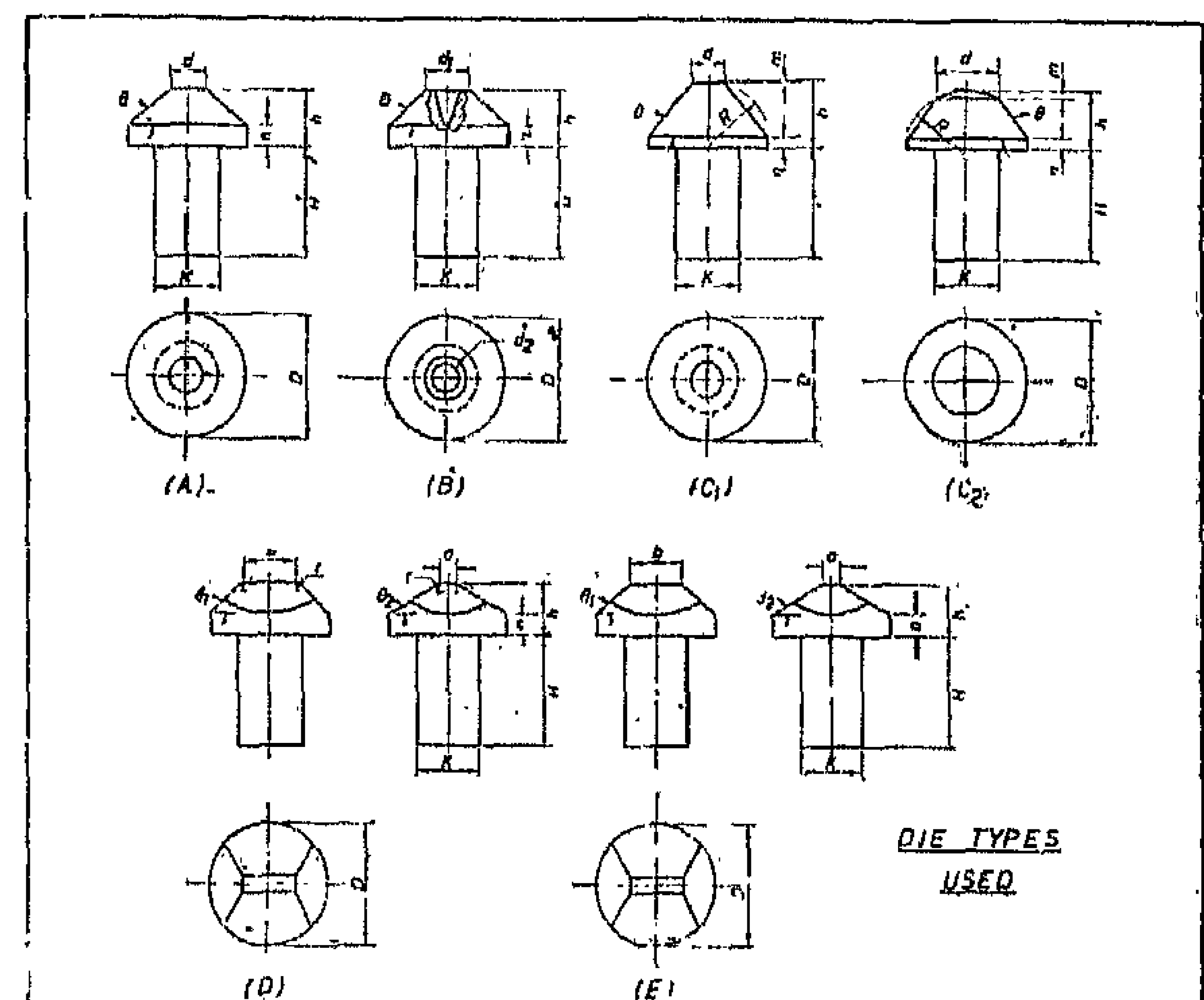


Fig. (1): Die Types Used.

for pressure butt welds on Al-Mg alloy under constraint, at 1022°F (550°C), the result of which is as follows [2] :

Under 5600 psi pressure and 18 % increase in weld area, gave a weld tensile strength of 21,000 psi and 2 % elongation.

Under 5600 psi pressure and 203 % increase in weld area, gave a weld tensile strength of 34,800 psi and 13 % elongation.

Under 30000 psi pressure and 203 % increase in weld area, gave a weld tensile strength of 35,000 psi and 13 % elongation.

Also, the adaptation of crystals at the weld interface, was found to have some effect on attaining the same weld efficiency at a slightly less deformation degree [4]. This effect was nullified at excessive deformation degrees, indicating the fact that the crystals tend to adapt themselves more readily at higher deformation degrees.

It follows that, in order to attain the deformation degree necessary for getting sound welds under the minimum possible welding pressure applied at room temperature, the freedom of the metal to flow easily at the weld interface has to be investigated. For butt welds, this freedom is assured, as the bar ends to be joined are clamped between the pressure dies having the shape of strong bushes, leaving a suitable length from the faces to be butted together. In that way, the metal is allowed to flow freely and uniformly in radial directions forming the weld bead. For lap welds (fig. 6) which are to a certain extent analogeous to spot welds, the metal flow under the die faces is affected by the form of the dies, i.e. the taper extending from their pressure faces, the area of the die face relative to the metal thickness, and the shape of this face and, for rectangular dies, its relative situation w.r.t. the specimen axis.

2. OBJECTIVE

The purpose of this paper is therefore to study the different factors governing the easiest flow of the metal when lap welding aluminium strips of six different thicknesses ranging between 1,5 and 3,0 mms, using six different die forms of nearly equal face (pressure) areas. The welding pair having a width and length of overlap sufficiently larger than the size of the die faces, in order to avoid failure—when testing for weld shear strength—under tensile load in the original soft material in the zone located at the outside edges or periphery of the weld bead. In that way, when testing the lap welded specimens under tension-shear loading, failure is ensured to take place at the welded zone by peeling, either under pure shear stress in which case the joint slips along the interface without cracking the metal (weak weld), respectively, the joint slips with some metal tearing out from the one part into the mating part (reasonable weld), or under tensile stress by tearing the metal at the shortest periphery of the thinnest part in the weld zone (limit weld strength). For most die forms, this limit weld strength tends to increase further by increasing the deformation degree (or welding pressure), while for few others, it remains nearly constant or slightly decreases by increasing the deformation degree. This is mainly due to the shape of the die face which—by increasing degree of deformation—tends to displace the weakest contour line of the weld joint, away from the centre of the weld bead. For that reason, and in order to get comparable results, the *limit weld strength* was determined for each die shape and each metal thickness, and correlated to the variables investigated and factors affecting this strength.

The variables investigated are : Shape of the pressure die faces and the thickness of the material welded.

The factors affecting the weld strength are numerous, as mentioned and tested before by the author [1 and 4] and by others [2 and 3]. Therefore, this research is concentrated on studying the effect of those factors directly connected with the above mentioned variables and affecting the strength of the weld. Such

the *Cold Pressure Welding Process* from its special sense as, "the joining of similar or dissimilar metals by pressing them together under compression in a temperature range lying under the lowest possible recrystallisation temperature"

The process was found, in general, to be controlled—in as far as the resulting weld efficiency* is concerned—by the degree of deformation taking place at the weld interface. This depends, in turn, on the amount of the specific pressure necessary to cause the metal to yield and deform plastically to the required degree that ensures optimum weld strength. The deformation degree is given by :

(a) The percentage increase in weld interface area, for *butt welds,* and

(b) The percentage reduction in sheet thickness at the weld bead, for *lap welds.*

This specific pressure should be high enough and has to be applied on a properly prepared surface, so that the metal is allowed to flow easily in the required degree and in the proper direction.

The former condition, viz. the surface preparation, has a great influence on the weld, because contaminating films and the oxide skin present on the surface (specially the hard oxide film usually covering aluminum surfaces), must be removed or brought to a minimum. Chemical treatments e.g. by 15 % HF after degreasing gave satisfactory results ; but the best results are attained by degreasing followed by wire brushing. Not only the surface cleanliness is important, but also the surface condition and "topography" are of predominating character ; the last factor is, at the present time, not completely understood, but current investigations should clarify its influence.

The latter condition can be achieved by proper tools design. Because of the high specific pressure involved in the operation, it follows that only limited areas could be cold-pressure welded ; on the other hand, this drawback is not of major importance, since joints could be made at many small points together or at successive spots or even seam-welding could be practiced if the respective data could be made available.

Recent investigations [1-3] showed the possibility of getting sound welds at remarkably decreasing specific pressures by raising the welding temperature from R.T. to the lower limit of recrystallisation (e.g. from 30,0 kg/mm^2 at R.T., down to 9,00 kg/mm^2 at 300°C, for butt welds on pure aluminium giving in both cases equal weld strengths of 9,0 kg/mm^2 [1]). The pressure could be further decreased at a much faster rate when raising the welding temperature far beyond the recrystallisation range at some sacrifice in the weld strength. However, above the recrystallisation temperature, the welding process, is controlled much more by the diffusion mechanism (time under pressure is the major factor) than by the amount of the specific pressure, while below the recrystallisation temperature, the pressure amount has the major influence because diffusion is negligible, e.g. it was found [2], when pressure welding duralumin (Al-Cu-Mg alloy containing 4,5 % Cu) on purest aluminium 99,99 % at 975°F (525°C), that the diffusion of Cu from the dural-side into the pure Al-side is equivalent to about 0,00004 inch per minute i.e. about 1000 A°/min.

However, the amount of the specific pressure, is not, in itself, the major factor directly influencing the weld efficiency, but the resulting deformation degree is found to be the deciding factor for the resulting joint character. This has been proved experimentally

*The term "weld efficiency" is generally taken as the ratio between the strength of the resulting weld and the strength of the soft base metal. The author suggested to use the term "weld strength factor" for butt welds as the ratio between the tensile strength of the weld bead and that strength of the same material which has been equally deformed (strain hardened) under similar welding conditions [1].

EFFECT OF SOME FACTORS INVOLVED IN THE COLD PRESSURE WELDING PROCESS ON THE LAP WELDING OF PURE ALUMINIUM STRIPS

By

Dr. M. K. ABDEL AZIZ, Dr. Sc. tech., M.A.S.M.,
Professor of Production Engineering and Industrial Administration
Ain Shams University, Cairo.

PREFACE

The pressure welding process, being the subject of several recent investigations both for lap welds as well as for butt welds, carried out on various non-ferrous metals at room temperature and at elevated temperatures, was found to be affected by a number of factors as given in the following pages. One major factor, viz., the amount of deformation which the metal has to undergo under the applied pressure, is found to be the main criterion that controls a sound weld. This deformation amount calls for extremely high pressures when carried out at room temperature, while at elevated temperatures, the pressure necessary falls down considerably [1],* which result indicates the possibility for its practical application.

Any attempt contributing to a practical success of the process when carried out in the cold condition—specially for lap welds—has to deal, for many practical reasons, with the question of reducing the applied pressure. The present paper tries to clarify the effect of some factors involved in pressure lap welding—mainly the design of the pressure dies, and the size effect of their pressure areas—in order to approach optimum conditions for getting sound welds with least possible welding pressures when applied at room temperature.

For that purpose, soft pure aluminium strips of variable thickness, ranging from 1,5 to 3,0 mms has been chosen for the tests. Six sets of dies having different forms with constant pressure areas at their faces, were used.

1. INTRODUCTION

The definition of the *Pressure Welding Process* from its general sense, as given by Miller and Oyler [2], is "the formation of a weld joint, in the solid state, between metallic materials by applying a deforming pressure, at any temperature which lie under the melting poist, respectively under the solidus line) of both component materials". This definition covers the pressure welding both in the cold and in the hot condition. Ruge [3] defined

*Numbers between square brackets, refer to the annexed list of references.

TABLE (II)

Condition	Test No.	No. of cycles causing failure	Mean value of cycles	Remarks
case — a	11	9080	9180	Crack started near the start of weld in the tension fibers.
	12	8990		
	13	9100		
	14	9310		
	15	9420		
case — b	16	13080	13145	Crack started near the crater in the tension fiber and some times in the compression fiber in the middle section of the beam.
	17	13200		
	18	13400		
	19	12990		
	20	13050		
	21	9010		
case — c	22	9100	9104	Crack started near the start of weld in the tension fibers.
	23	9300		
	24	8900		
	25	9210		

Discussion of results :

Failure took place in the base metal at the start of welds adjacent to the middle sections of beams welded in the forms (a & c) although stresses due to bending at that place were below those acting at the middle sections of the beams. Beams of form (b) cracked near the crater in the base metal.

The number of cycles which brought failure to beams of forms (a & c) were found to be nearly the same, while those of form (b) lasted longer under the same repeated stresses with an improvement of over 40 % over beams of forms (a & c).

These results confirm, to a great extent, the argument made about the difficulty encountered in producing homogenous weld at the start of weld which tends to raise up the factor of stress concentration at that zone. In addition to this there is the possibility of having bainite or bainite and martensite beside the pearlite at the start of weld due to the high rate of cooling which exists at that particular zone during welding.

Conclusion :

From the previous experiments it may be advised to avoid using intermittent welding in beams subjected to repeated stresses, especially along parts where maximum stresses occur. In case this is unavoidable, one has to see that the beads of welds on both sides of sections carrying maximum stresses are having their craters facing each other.

A microstructure examination was made on pieces of material near to the crack in specimens of groups (a & b). Specimens of group "a" showed martensite beside the ferrite and pearlite, while martensite was not traced in specimens of group "b".

These results showed that welding lowers the ductility of the base metal otherwise cracking would have occured at the middle section of the beam where maximum stresses due to bending occur. This is beside that the ends of each weld are considered as stress raisers. All beams cracked in the base metal close to the bead next to the middle section as shown in Photo (5).

II. — Comparison between the effect of the start and the crater of weld on the fatigue properties :

It is noted from the previous experiments that the rate of cooling of the deposit metal as well as the base metal during the process of welding plays an important part in determining the metallurgical structure of the welded zone.

A very low rate of cooling provides the austenite grain with enough time to be transformed from one solid phase into another till pearlite appears as the temperature drops down from the austenite region to the room temperature. If the rate of cooling is somewhat high, e.g. when welding takes place in cold weather, bainite and martensite are bound to appear. The rate of cooling at the start of weld is always higher than that at the crater.

The homogeny between the deposit metal and the base metal is essential for producing sound welds. This very hard to achieve in arc welding at the start of weld while it becomes possible along the line of weld including the crater of weld for technical reasons. The crater of weld is then expected to have better fatigue properties than the statr of weld.

Experimental Results :

Several beams have been constructed by intermittent arc welding where adjacent beads of welds in the central portions of the beams were prepared in the following 3-different forms & as shown in fig. (6).

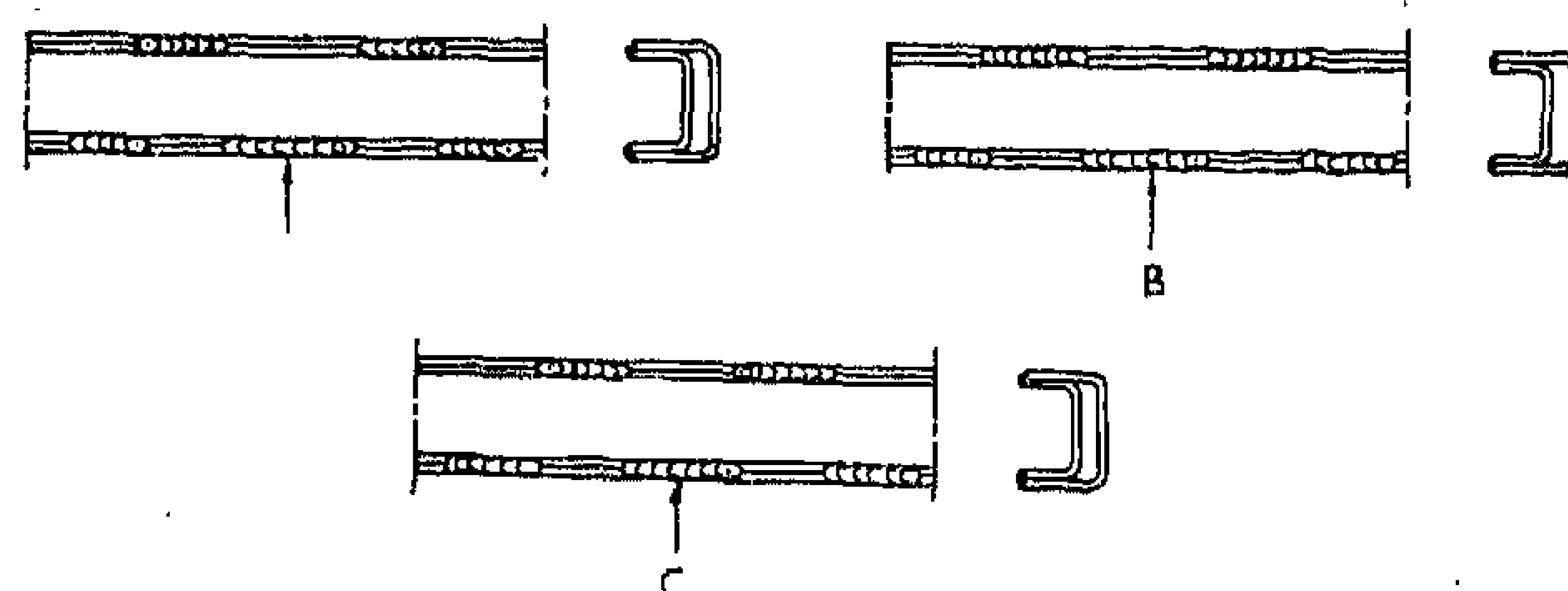


Fig. (6)

a) The start of welds were facing each other ;

b) The crater of welds were facing each other ;

c) The start of weld of one bead was facing the crater of weld of the adjacent one to the other side of the middle section.

Results of failure due to repeated bending on beams welded in the previous forms are given in Table (II).

Results given in Table (II) were due to beams welded and tested in accordance with the following :

Type of joint	: edge weld
Type of weld	: intermittent arc welding.
Type of electrode	: Kobe steel R.b. 26
Speed of crank	: 160 r.p.m.
Maximum deflection	: 6 mm
Span between supports	: 100 cm.

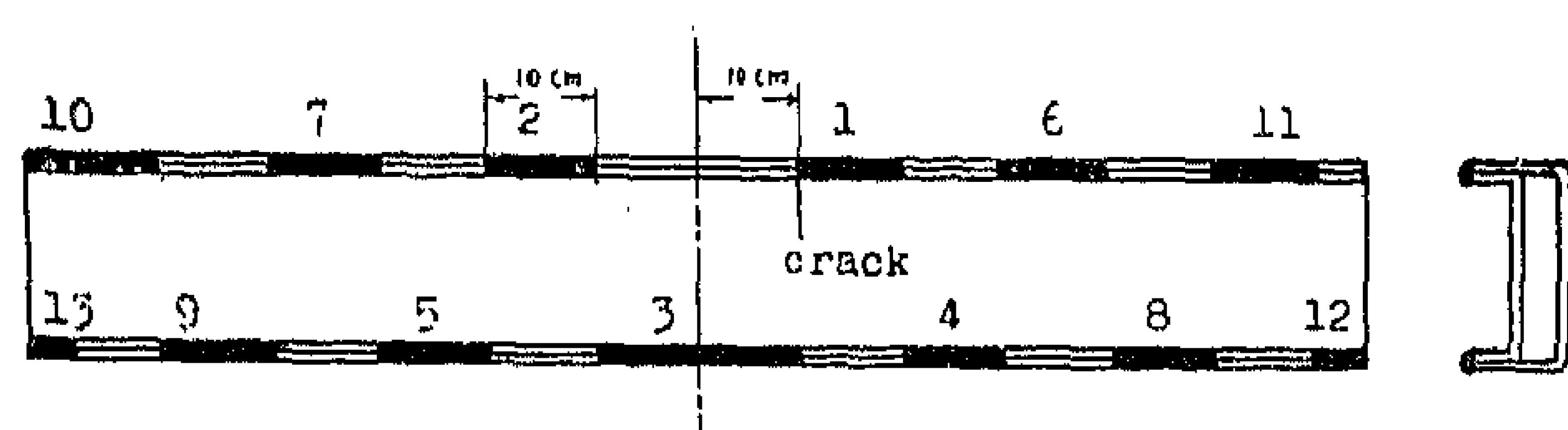


Fig. (5)a

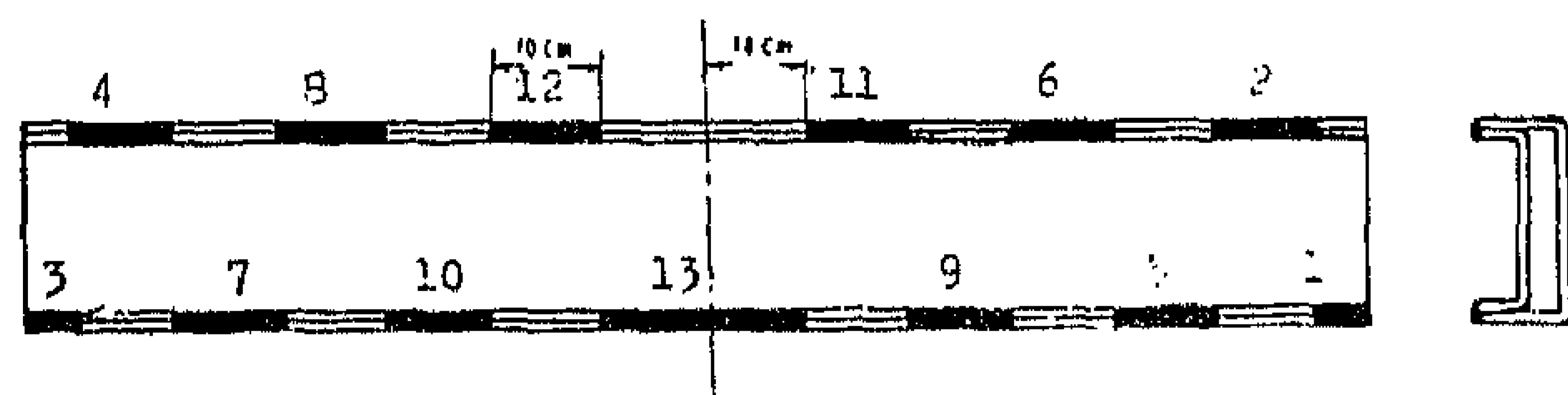


Fig. (5)b

Beams welded in the previously mentioned methods have been subjected to repeated bending of maximum value at the middle section. The stresses developed were within the elastic limit of the material used. The beams were left till failure occured and the number of cycles which brough failure for each beam are shown in Table (1).

Experimental Results :

Type of joint : edge weld

Type of weld : intermittent arc welding

Type of electrode : Kobe steel R.b. 26

Speed of crank : 160 r.p.m.

Maximum deflection : 6 mm

Span between supports 100 cm.

Discussion of results :

The heat dissipated by the action of welding at any part of the beam will help in raising up the temperature of a considerable length nearby. Consequently the rate of cooling of the nearby bead as well as the last ones were expected to be of lower values than the previous ones and having better quality of weld. This was proved by the results obtained. The zone of weld at the middle part of the beams showed higher fatigue strength in beams of group "b" over those of group "a" as a result of having less martensite or none at all when compared with each other.

TABLE (1)

Group	No. of cycles causing failure	Test No.	Remarks
	9000	1	Crack near bead No. 1
	9030	2	” ” ” ” ”
"a"	9050	3	” ” ” ” ”
	9010	4	Crack near bead No. 2
	9060	5	” ” ” ” ”
	21000	6	Crack started at bead (11)
	20800	7	” ” ” ” (12)
"b"	21110	8	” ” ” ” (12)
	21130	9	” ” ” ” (12)
	20910	10	” ” ” ” (11)

The instantaneous cooling rates of arc welding were found to lie between 200 - 8000° F/min. depending upon various factors such as the process of welding to be used, plate thickness, preheat and weld energy input. Accordingly the expected structure or products of transformation may range from (ferrite + bainite + martensite) to (ferrite + bainite) depending upon the welding conditions. This can be easily followed on an actual continuous cooling diagram for a certain steel such as the one given in photo (4).

The austenitic grain size and austenite homoginity in the steel in the austenite region influences so much the type of transformation diagram obtained under continuous cooling. In the continuous cooling and isothermal diagram shown in photo (4) various rates of cooling such as 30000°C/min., 6000°C/min., 1000°C/min. & 50°C/min., are given to represent different kinds of transformations when cooling an austenite grain from the austenitizing region down to the room temperature. The quickest rate of cooling, 30000°C/min., gives complete transformation to martensite which starts at the M_s temperature (400°C) and is completed when the M_f temperature is reached. The next lower rate of cooling, 6000 °C/min., will result into three constituents starting by small percentage of ferrite then bainite and the rest will appear as martensite. The next rate to follow shows that pearlite will result after the completion of ferrite decomposition, but bainite and martensite will appear at lower temperature below the pearlite zone. The last rate is representing the limit of the quickest rate of cooling below which neither bainite nor martensite will exist at temperatures below the pearlite zone temperature. Accordingly the whole austenite grain has been transformed into ferrite and pearlite and that any further cooling does not affect the constituents that have been reached. So for that particular steel the quickest rate of cooling which should not be exceeded other wise bainite and martensite would appear in the find constituents is 50°C/min.

Experimental Investigation

I. — The effect of the rate of cooling of the welded zone on the fatigue strength of the weld:

When welding is carried out on beams at room temperature, the first bead of weld will be quenched from the liquid state into a temperature falling into the martensite zone. Therefore bainite and martensite are expected in the H.A.Z. once the rate of cooling of the weld exceeds a certain limit. The presence of bainite and martensite in the H.A.Z. will bring down its ductility and lowers the fatigue strength of the material concerned.

In order to avoid formation of martensite as a result of welding one has to raise the base metal temperature to above the martensite formation zone before carrying out the process of weld. This will help also in lowering the rate of cooling of the weld itself.

The technique used in the present work to raise up the temperature of the base metal along parts of the beam where maximum stresses due to bending are expected to take place is as follows : The heat dissipation from one zone to another, as a result of welding, oculd be made use of by leaving the most critical part of the beam, where failure is expected to occur, to be welded last of all.

Intermittent arc welding was used to construct two groups of beams set for tests while the order of the fillets of weld differed from one group to another.

Group "a" : The first fillet of weld was located near to the mid-length section of the beam where maximum stresses due to bending occur. The sequence of welds along the rest of the beam was as shown in Fig. (5)a.

Group "b" : The first fillet of weld was located at one end of the beam. The rest of the welds were done in the order given in fig. (5)b, where the middle weld was the last of all.

rite. On the other hand if the rate of cooling is rather fast, the austenite grain is expected té reach the critical temperature with carbon content less than 0.8% as ferrite has not formed in the same amount as before which is the case in non-equilibrium transformation. Any further cooling below the critical temperature has to be under control otherwise other products than pearlite is expected to form, such as bainite and martensite. The time factor is therefore of great significance in the subcritical region.

The rate of transformation of austenite into pearlite at any subcritical temperature level varies from one level to another. There is a temperature range where transformation is most rapid and is known by the pearlite nose, above and below which the rate of transformation is known to be lower. The pearlite nose temperature lies between 540 °C and 675 °C for most steels, below which another structure than pearlite is quicker to form. The structure of this new constituent is composed of cementite and ferrite aggregate called bainite but differs in the orientations of their lamella from that of the fan shaped pattern of the pearlite.

The isothermal transformation diagram can then be obtained at several subcritical temperatures for the steel concerned. It is well known by the (S — curves) or the (T.T.T. curves) i.e. the time temperature transformation diagram.

Non-equilibrium phase changes in steel:

The transformation of steel on cooling when equilibrium does not exist is of great significance if the behaviour of the heat affected zone (H.A.Z.) of the weld is under investigation.

The behaviour of hypoeutectoid steel when its temperature is brought down instantaneously from the austenitizing region into the subcritical region where transformation is isothermal has already bean mentioned. At the nose temperature the time for initiation and ending of transformation is the shortest among all other subcritical temperature levels. The microstructure of the products of transformation of austenite from the critical temperature to the nose temperature shows pearlite with finer lamella as the holding temperature is lowered and that ferrite is existing but gradually suppressed in volume until little or non exists if transformation takes place under the nose temperature. Below the nose temperature a feathery dispersed aggregate of ferrite and carbide called bainite appears, the hardiness of which lies between that of pearlite and martensite.

If austenite is left to cool below a certain temperature, which depends upon the composition of the steel, a constituent known as martensite starts to form instantaneously. The amount of martensite formed is dependent on the temperature level and independent of the time.

The temperature level where martensite starts to appear is denoted by M_s below which the percentage of martensite formed progressively increases as temperature drops till completion is reached at some temperature denoted by M_f. It is noted that martensite is not an ordinary neuclation and growth phenomenon. There is an imperical formula which determines the M_s temperature in carbon and low alloy steels.

$$M_s\,(F^\circ) = 1000 - 650 \times \%\,C - 70 \times \%\,Mn - 35 \times \%\,Ni - 70 \times \%\,Cr - 50 \times \%\,Mo$$

Continuous cooling transformation diagram:

The previously mentioned isothermal transformation gives only a clue to the kind of products expected for the cooling rates existing in welding processes. Therefore a continuous transformation diagram for the steel to be welded should be experimentaly obtained in order to have a true picture of the results of the welding process to be used.

adjustable push rods "D" to the right positions relative to the clamper. At the top dead centre position, the top of the piston protrudes 12 mm as shown in fig. (4). In order to produce a certain maximum deflection when the piston reaches the top dead centre position, the bottom push rods are set to touch the clamper when the piston protrudes a value equals to (12 mm - max. deflection required for the beam) as shown in fig. (4 b). Therefore several checking gauges were machined to measure the amount of protrusion required. The top push rods in the oscillator will serve, for these types of experiments, to return the beam to its original position at the end of the downward stroke just in case plastic deformation did happen before complete failure takes place. This can be done by setting these push rods to touch the clamper from the top at the end of the downward stroke while the beam is in its neutral position.

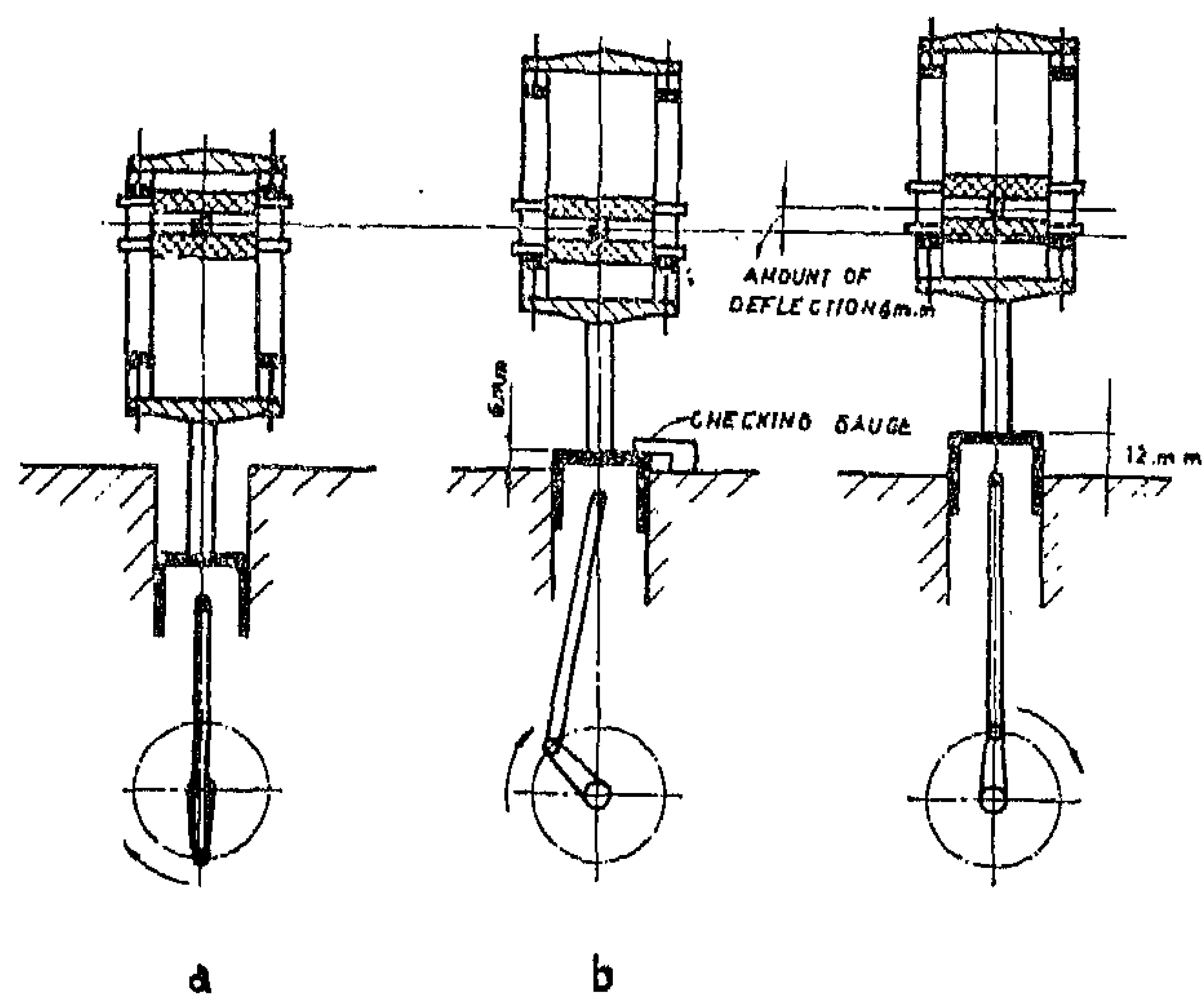


FIG. (4)

The metallurgical transformation during welding

The main discussion will be around the heat treatment of alpha forming steel and its existance when non-equilibrium reactions occur as in the case of welding of steel. With this as a basis the necessity of controlling the cooling rate of the welded zone will be justified. Martensite is known to be detrimental when it appears in the welded zone. As a result of this, means of avoiding the formation of martensite in welding have been tried.

During the process of welding, the weld metal is considered to be in a liquidus phase and this might not be the case with the base metal. The base metal can not be entirely a part of the deposite metal until it is heated up to the liquidus state or at least when solid fragments from the base metal in the liquid-solid phase are carried by the stirring action of the metal.

The hypoeutectoid steel is known to pass through various phases from the liquidus condition to the solid state where austenite is formed. Further reactions in the solid condition will take place as cooling proceeds such as decomposition of one solid solution into two different solid phases. As the hypoeutectoid alloy is left to cool slowly from the austenite region down through the critical range, the austenite grain reaches the critical temperature at about 723 °C with saturated carbon content of the eutectoid composition, i.e. 0.8%. This is due to the splitting of ferrite nuclei from the main austenite grain. It must be noted that the austenite grain can not exist below the critical temperature if the system has to remain in equilibrium. As steel cools through the critical temperature, austenite decomposes into a mixture of the two phases ferrite and cementite where most of the carbon is used to form the cementite and the rest of it forms the ferrite. The structure of ferrite and cementite is known by pearlite. No further appreciable changes take place in cooling from just below the critical temperature where the microstructure consists of proeutectoid ferrite and pearlite. The percentage of pearlite is higher the higher the carbon content in the hypoeutechoid steel.

If hypoeutectoid steel is allowed to cool down slowly from the austenite regoin to the critical temperature, so that equilibrium condition is achieved, austenite grains of 0.8% carbon will appear surrounded by fer-

Fabrication of test pieces :

Beams of over 100 cm long of the form shown in fig. (1) were constructed by intermittent arc welding, of 10 cm weld and 10 cm space. Deep drawing quality mild steel sheets of 2 mm thick having a yield strength of 26 kg/mm² were used to form the given cross sections of such beams.

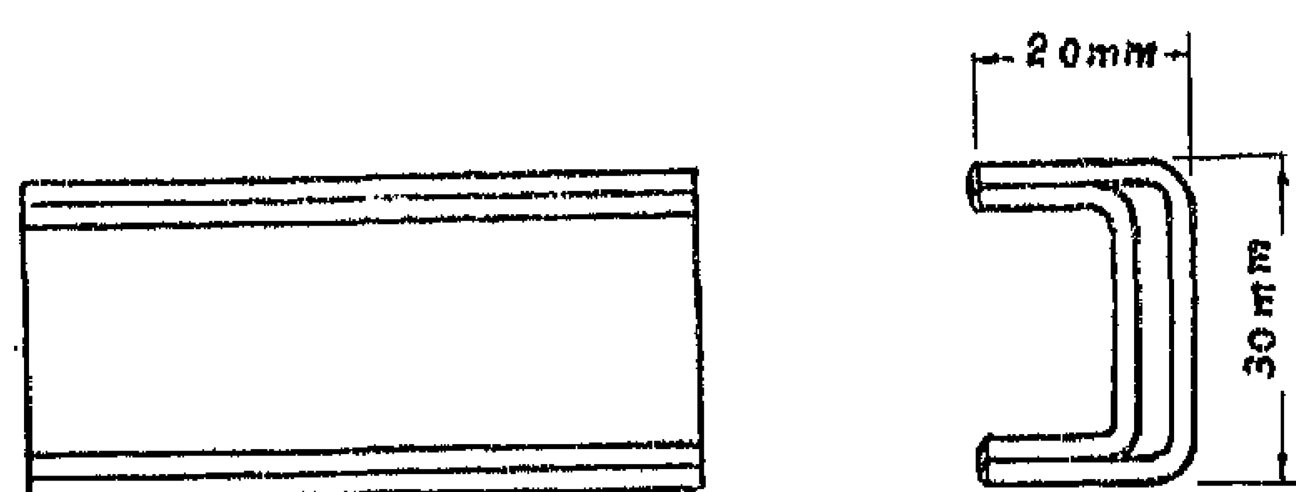


Fig. (1)

Method of testing :

A certain apparatus has been constructed to produce repeated bendings accompanied by impacts upon the test pieces used in this investigation and is shown in photo No. (1). It is a crank type machine of 2 cm throw driven by an A.C. motor through a set of reduction gears. A diagrammatic sketch representing the whole apparatus including an adjustable oscillator is given in fig. (2).

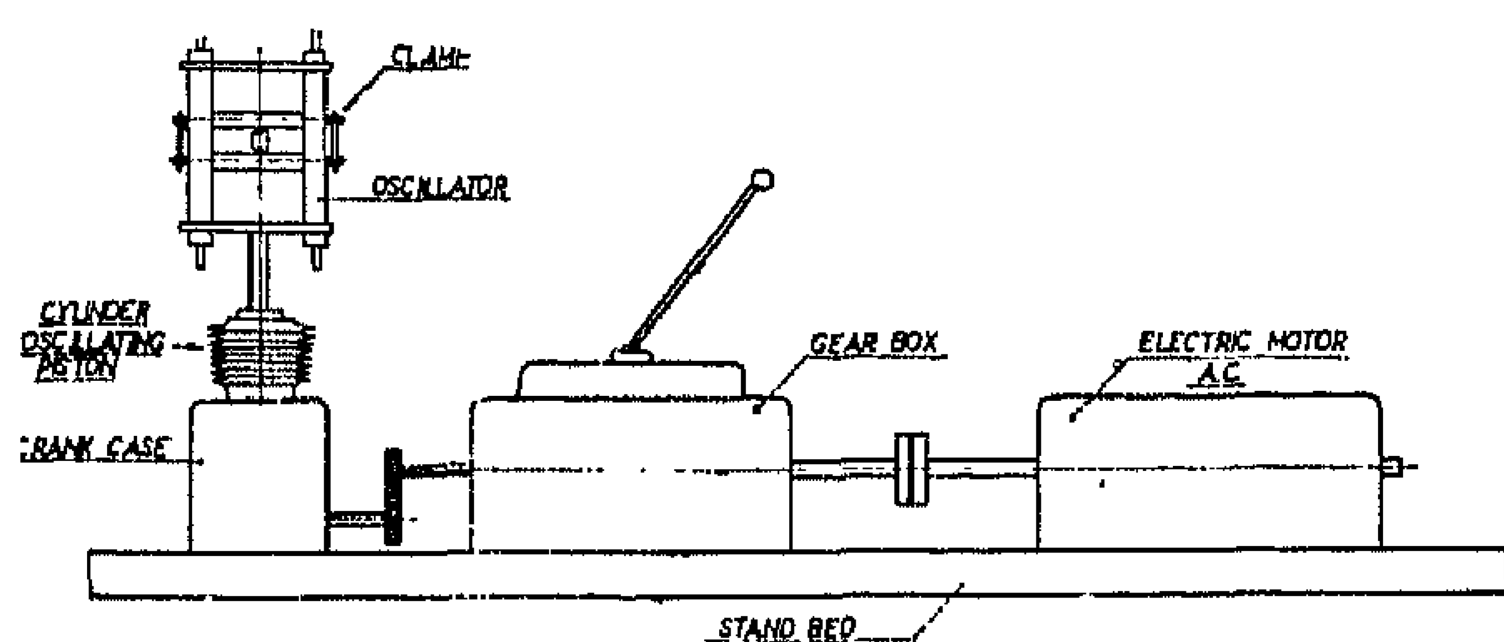


Fig. (2)

The adjustable oscillator receives an alternating motion from the crank with maximum stroke of 4 cm. The oscillator designed is capable to transmit the required deflections to the tested beams and its constructional details are shown in fig. (3). The test piece is shown clamped between two rollers through which the force of bending is transmitted to the beam to give the required deflection after setting the oscillator itself to some adjustments.

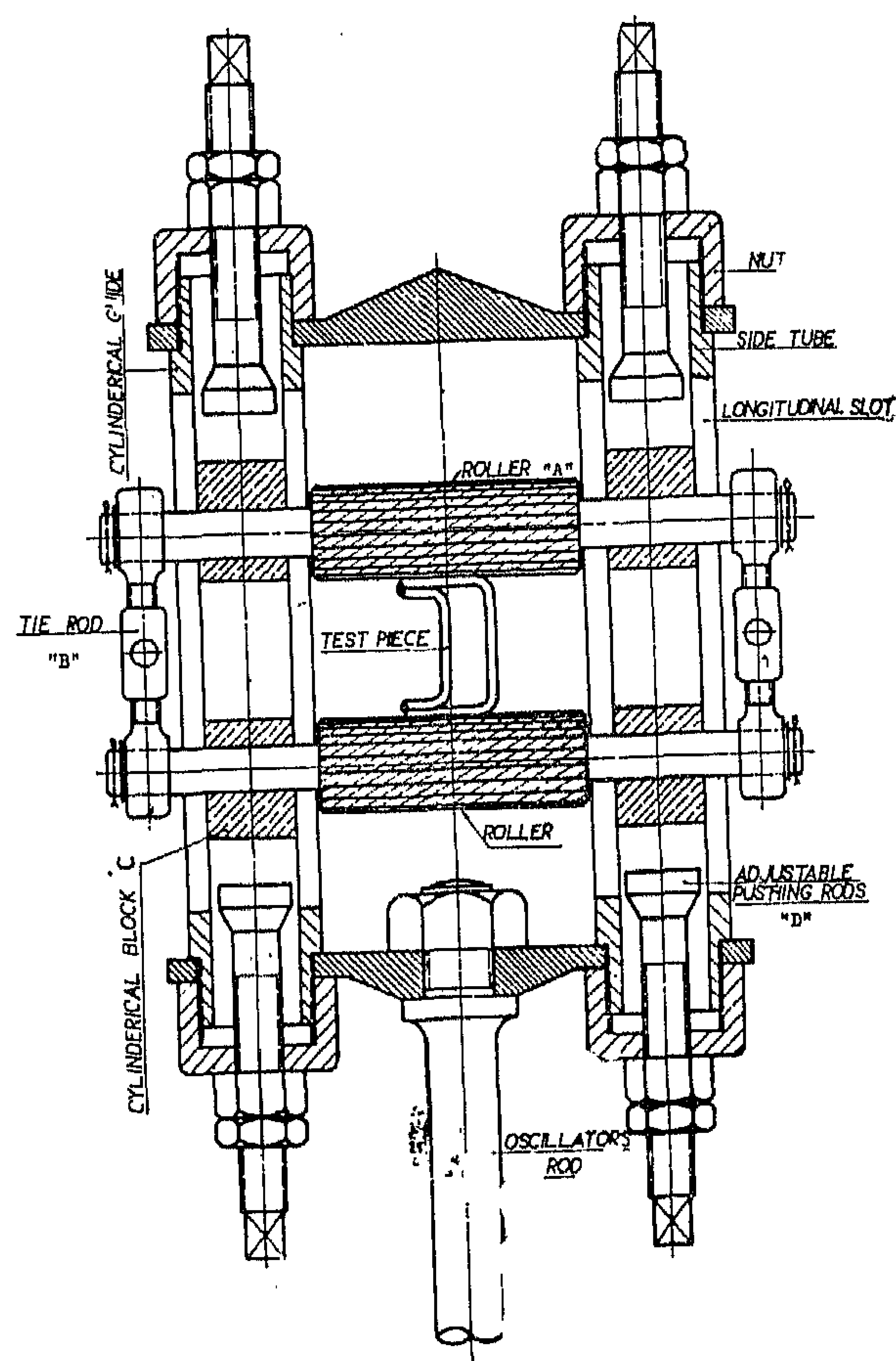


Fig. (3)

The test piece in photo No. (2) is seen clamped in the middle by the adjustable oscillator and simply supported at the ends by means of adjustable stands. Photo No. (3) shows the oscillator attached to the top of the piston of the alternating machine through a piston rod.

Means of setting the required deflection through the oscillator :

In fig. (3) the rollers "A", the tie rods "B" and the cylinderical blocks "C" compose the clamper which holds the beam at the section where maximum deflection has to exist. While the oscillator provides the required defection by setting the adjustable bottom push rods "D" to the proper positions. Fig. (4) illustrates the stages through which the oscillator passes by to produce a maximum deflection of 6 mm to the beam by setting the

« METALLURGICAL EFFECT OF INTERMITTENT ARC-WELDING UPON THE FATIGUE PROPERTIES OF BUILT UP BEAMS. »

by

MAHMOUD F. ABDEL-GABER,
*M.Sc., B.Sc. (Mech. Eng.)**

& SHAWKAT A.K. ISMAIL,
*Ph.D., M.Sc., B.Sc. (Mech. Eng.)***

SYNOPSIS

Failure of chassis of heavy duty vehicles or railways wagons during service are known to be attributed to fatigue. The main beams constructing these chassis differ in form from one design to another, but beams of channel cross-sections are the ones most commonly used than others. These beams are sometimes produced by welding two channels together to give a certain form of cross-section capable of withstanding the working conditions of the vehicle concerned. The object of this paper is to investigate the fatigue properties of beams built-up of a certain cross section from two rolled steel channel beams by means of intermittent arc welding.

Discussions on the metallurgy of Weld have been given, and in view of which the experimental results obtained were analysed and were found to agree with the phenomenon put forward. The fact that the suitability of the type of cross-section to be used for the main beams in chassis of heavy duty vehicles and railway wagons can only be determined from behaviour in service leads to the following conclusion. The present laboratory tests may only serve to indicate the probable order of merit of some form of beams which could be used in chassis, and upon which the necessary road tests on actual chassis for future work may be easily planned.

It is possible that the information provided could be made use of when designing beams subjected to repeated loadings and been constructed from thin gauge steel sheets by intermittent arc welding.

...

Introduction

The majority of cases where failure occured to the main beams in chassis of heavy duty vehicles or railway Wagons during service were found to be in chassis of welded cross-sections. These beams are usually built-up from thin gauge mild steel strips formed in a certain shape by means of welding. The method of welding used varies from one industry to another, but in the present paper intermittent arc-welding was only considered.

Under service conditions these chassis are usually subjected to repeated impacts and loadings. It is hoped that the informations provided will give assistance towards finding suitable means of welding different forms of cross sections for such chassis when intermittent arc welding has to be used.

---

* Chief engineer of wagon section, Semaf Company, Helwan, Egypt.

** Lecturer in the Mechanical & Automotive Engineering Departmant, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo.

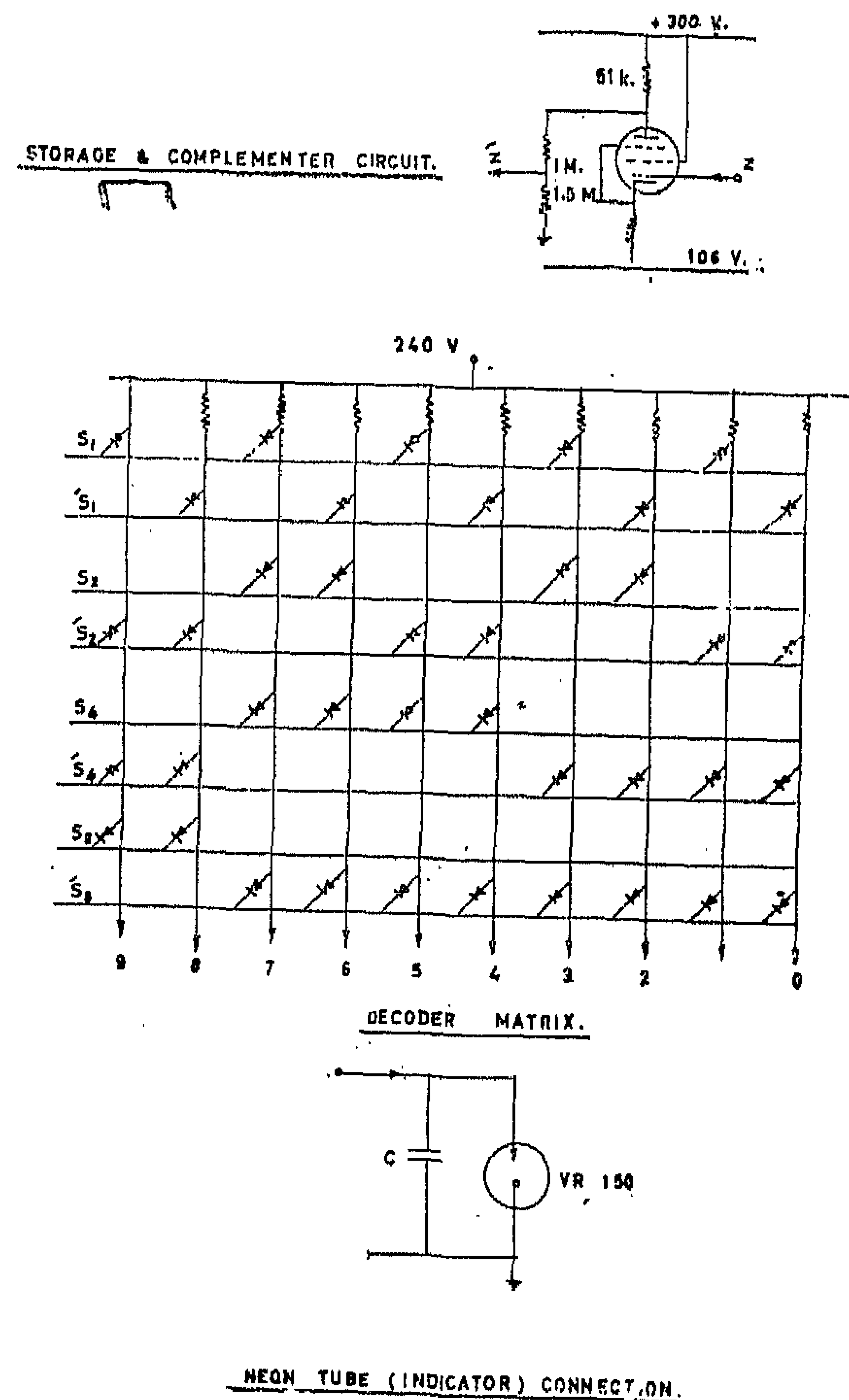
From the above it is clear that the line indicating decimal 6 will carry a high signal (?160v.) only when the matrix receives the binary code group 0110 which is the binary code group equivalent to decimal 6.

Notice that for each code group input to the matrix, only one output line will be high. This high voltage line indicates the decimal value equivalent to code group input to the matrix.

6. *Indicator Lamps:*

For each stage of the decimal adder, the decoder matrix delivers the sum output in the form of a decimalcharacter represented by a d.c. voltage of 160 v. Each position of the ten output lines indicates a definite decimal character. In order to gather, the decimal digits forming the number and can read the number in he correct order, indicator lamps are used.

Neon tubes (VR 150) are used for this purpose. To each line in the output of the decoder matrix, a neon tube is connected between the line and the earth fig. (25). The neon tube (VR 150) has a B.D. voltage of 160 volts and extinction voltage of about 155 volts. Any line carrying a high signal (160 v.) will let the neon tube to bright. Thus according to the position of the brightening lamp the decima ldigit in each stage of the adder is determined. The neon lamps corresponding to the different stages of the adder, are arranged in their lay-out (positions) such that the complete number decoded in the four stages can be read in the correct order.



FIGS. (24, 25)

REFERENES

1. Robert S. Lodley, "Digital Computer and Control Engineering". McGraw-Hill.
2. Harris, J. N.: "Introduction to the binary and octal number-systems", Lincoln Laboratory Technical Memoranda 24-40 september, 1954.
3. Caldwell, S. H.: "Switching Circuits and Logical Design", John Wiley & Sons, Inc. New York, 1958.
4. Higgonet, R. A., and R. A. Grea: Logical Design of Electrical Circuits", McGray-Hill Book Company, Inc., New York, 1959.
5. Felker, J. H.: "Arithmetic Processes for Digital Computers", Electronics, Vol. 26, pp. 150-155, March, 1953.
6. Gray, H. J., Jr.: "Logical Description of some digital Computer Adders and Counters", Proceedings of the I.R.E., Vol. 40, pp. 29-33, January, 1952.
7. Millman, "Vacuum-tube and Semiconductor Electronics".
8. Thomas C. Bratee, "Digital Computer Fundamentals", Lincoln Laboratory, Massachusette Institute of Tech.
9. Milmman, J., and H. Taub: "Pulse and Digital Circuits", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1956.

OR-Gate

The last element of those used to form the decimal adder is the OR-circuit is used in the correction circuitry of the carry output of the decimal adder as indicated in the block diagram. The inputs to this circuit are three variables, so it differ from the OR-circuit are three variables, so it differ from the OR-circuit used in the construction of the binary adder which provides only the OR-relation between two inputs.

Fig. (23) shows th circuit diagram of this OR-Gate. Three tubes with a common plate resistor connection are used to receive the three input variabl. Each one of these tubes works as an inverter while the common plate resistor connection provides logical multiplication of plate outputts of the tubes. In other words the output of the common plate will be x y z if x, y, z are the three input variables. Another tube is then used as an inverter for the common plate output. This last tube receives the function (x y z) as an input and its output is the complement of the input i.e. (x y z) which equals x + y + z.

This design may be applied for the OR-relation between any number of variables. For each new variable, a tube is added to the common plate resistor group. The EF50 pentode tubes are used in the OR-circuit have the same circuit components and voltage levels used in the inverter circuit.

4. Storage and Complementer Circuits :

The output of each stage of the binary-coded-decimal adder is composed of five lines. Four of these lines carry the sum output of this stage in binary code, while the last line carries the carry output (if any) of this stage. The carry output of any stage is connected as an input to the next more significant stage. Th esum output lines are stored in the storage and complements circuits. These circuits receive the sum output from the adder, forms the complements of each binary bit and then deliver the binary bits of the sum output and their complements into the decoder matrix.

Each sum line, is connected as an input to the grid of a vacuum tube. EF50 penode tube is used with its suppressor grid connected to its cathode. The circuit component and voltage levels of each tube is the same as explained in the inverter circuit. The only change is in the potential devider at the output. The potentia ldevider is changed to give 160 volts when the tube is cut-off (binary 1) and 80 volts during conduction (binary 0). This change is made to suit the requirements of the last stage (indicators) as will be known latter.

5. *The Decoder Matrix :*

The decoder matrix is the circuitry which transform the binary code groups obtained from the output of the adder into their equivalent decimal digits.

Fig. (24) shows the block diagram for the decoder matrix. The input to the matrix consists of eight lines. Four lines S_1, S_2, S_4, S_8 carry the binary code group, to be decoded, while the other four lines S_1, S_2, S_4, S_8 carry the complements of the first group respectively. The output of the matrix contains of ten lines, each one indicates a definite value of the then decimal characters. Each of these output lines is connected to a source of 240v. through a resistor R. The value of the resistor R is large compared with the plate resistance of the driving circuits.

The diodes connecting the output lines into the input lines are arranged such that each output line is connected to the input lines corresponding to its equivalent code group. Any output line will carry a high signal (160 v.). If all the input lines to which it is connected, through the diodes, carry high signals. If any one of these input lines carries a low signal, the potential of the output line will drop to the same low voltage.

For instance, in the diagram shown, the output line indicating the decimal number 6 will neevr be high unless, the following conditions are justified.

$S_1 = 1$	i.e.	$S_1 = 0$
$S_2 = 1$		$S_2 = 1$
$S_4 = 1$		$S_4 = 1$
$S_8 = 1$		$S_8 = 0$

utilized in the construction of the half-adder using standard gates. Comparing this value with our design which utilizes only 6 grids, great economy is realized. Notice that, the half-adder circuit is repeated 48 times in the decima ladder.

Full Binary Adders :

The Boolean expression which gives the relationships between th input and the output of the full adder is as follows :—

$$\text{sum } (s) = x\,y\,c + x\,y\,c + x\,y\,c + x\,y\,c$$

$$\text{carry } (C_{out}) = x\,c + x\,y + y\,c$$

There are many methods for the realization of these expressions. The method used here is the construction of the full binary adder from two half-adders and an OR-circuit.

Fig. (13) shows the block diagram of a full binary adder consisting from two half-adders and an OR-circuit. The design of the half-adders is explained before.

The following shows the design of the OR-circuit :—

The OR-circuit is used to generate the carry output of the full-adder. The inputs the OR-circuit are the two carry outputs one from each half-adder. Fig. (21) shows the circuit diagram of the OR-circuit. Three vacuum tubes (EF50) are used. The first two tubes are connected to operate as completing triode circuit. The input to one tube is the carry output (C_1) from one half-adder, while the input to the other is the carry output (C_2) from the second half-adder. These outputs are connected as inputs to the third pentode tube ; one to the control grid and the other to the suppresser grid. According to the carachteristics of pentodes used as switching elements the output of this last tube is

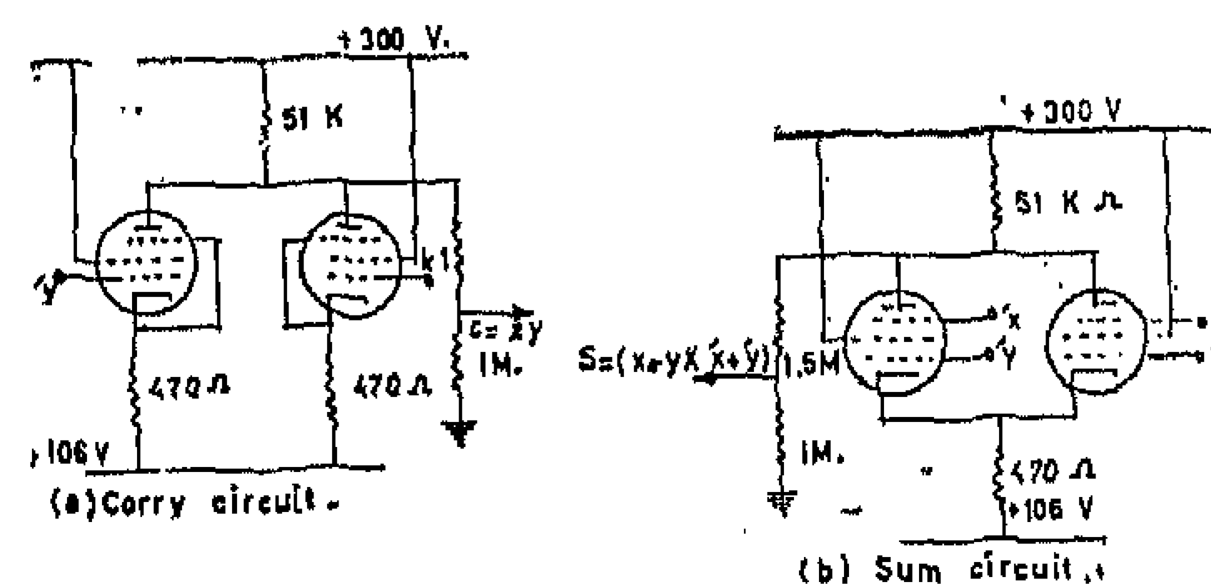
Output (C) $= C_1, C_2$ which realize the OR-relation between the inputs C_1, C_2.

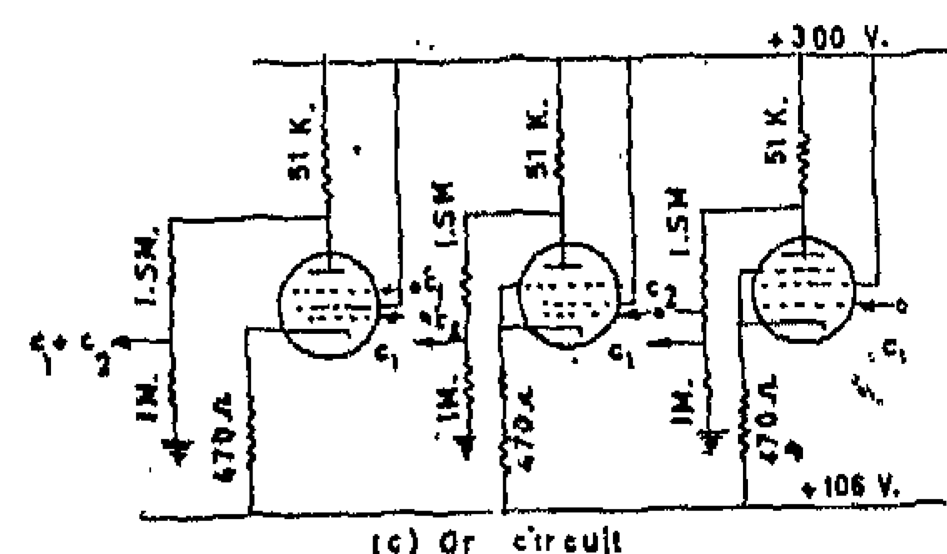
The circuit components and the current and voltage calculations of each tube circuit is the same as that of the inverter circuit explained before.

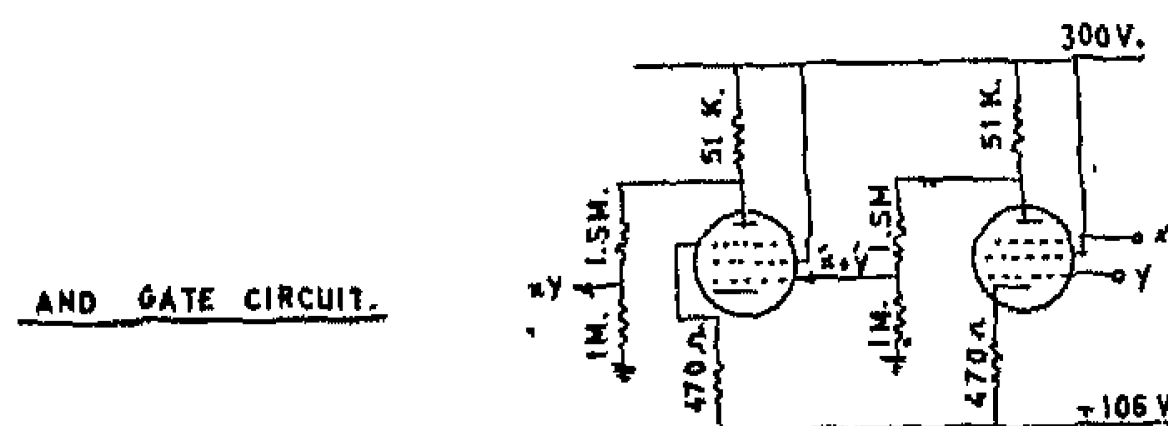
AND-Gate

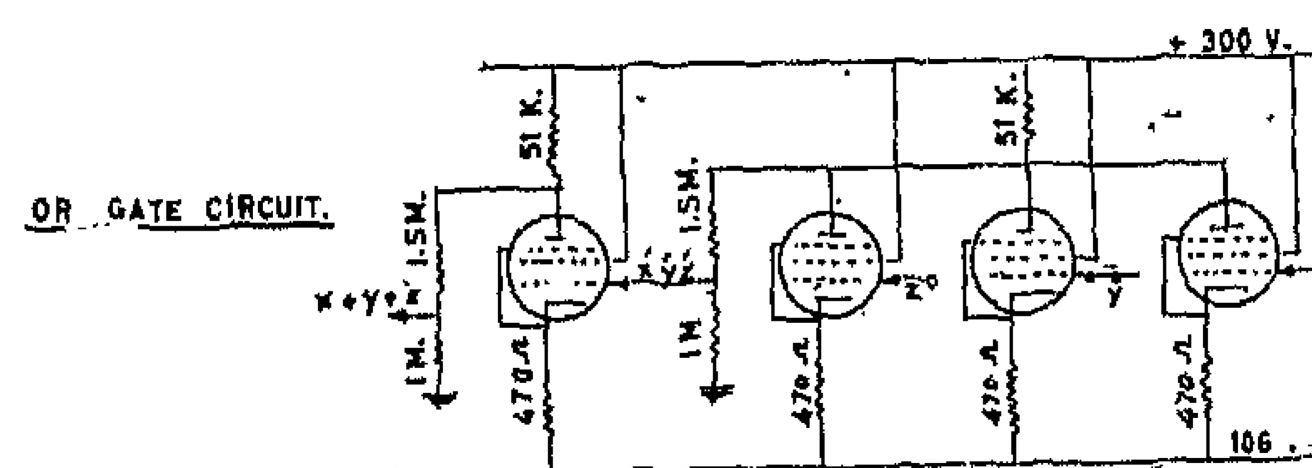
The Boolean expression for the AND-relation between two inputs x , y and the output z is given by : $z = x\,y$.

Fig. (22) shows two pentode tubes (one pentode and one triode may be used) connected to realize the above relation. The inputs to the circuit are x , y to the first pentode. According to the switching function of pentode tubes, this tube will conduct only when x, y are high signals and hence the output of this tube is $x + y$. This output is connected as input to the second tube which









FIGS. (20, 21, 22, 23)

is connected as a triode inverter circuit. The output of the inverter is $(x + y) = x\,y$.

EF50 vacuum tube pentodes are used with the same circuit components and voltage levels as mentioned in the inverter circuit.

The table of combinations of the two tubes is as follows :—

Table fo combination for two pentodes connected to generate the sum

Inputs				Output
x	y	$\bar{x}$	$\bar{y}$	
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	1	0	0	0

a 1 represents the high level signal
a 0 represents the low level signal

Applying the standard "Sum-of-products" theory, then the output can be expressed by : output (z) = xy + xy. The application of the standard product-of-sums theorem gives the expressions : (z) = (x + y) (x + y).

Thus it is clear tha tsuch connection of the two pentodes tubes generates the sum output of a half-adder.

Fig. (20-b) shows the circuit diagram of two pentode tubes with a common plate resistor to generate the carry. Here the suppressor grid of each pentode is connected to its cathode and not utilized. In other words triode valve may be used.

The inputs to circuit are x, y applied to the control grids as shown. The output of each tube is the complement of its input, while the common plate resistor permites the logical multiplication of the two. The output of the circuit can be expressed as :

Output (z) = x . y which is the Boolean expression for the carry output of a half-adder.

The electronic components, current and voltage calculation for each tube in the sum and carry circuits are the same as those for inventer circuit described before.

From the above logical design of the binary half-adder, it is clear that only two pentodes and two triodes (pentodes connected as triodes (pentodes connected as triodes) are needed to construct the half-adder. That is to say 6 grids are sufficient to realize the half-adder function.

Adders consisting of standard gates (AND-gate, OR-gate, complement gate) are the common features of adder design. From the economic point of view, the logical design used here is much more economical than standard gates adder design. In the following a comparison is made between the two methods :—

Consider the Boolean expression for the sum output of a half-adder in the sum-of-product forms : s = xy + xy . Using flip-flop circuits as storage elements in which the the variables are avalable together with their complements, two AND. Gate and one OR-gate are needed to realize the sum relation.

The AND-gate is built using either one pentode and one triode or three triodes. That is to say three grids are required for the OR-circuit. Thus 9 grids are necessary to construct the sum circuit of the half-adder.

With the same procedure we can calculate the number of grids required to construct the carry circuit of the half-adder to be three grids only.

The final result is that twelve grids are

4. *The Binary-Coded-Decimal Adder :*

Fig. (19) shows a block diagram for one stage of the adder. There are eight input variables to the adder. The four input variables which represent the binary bits of the addend decimal digit are designated x_1 through x_4. The other four represent the augend and are designated y_4. The other four represent the augend and are designated y_1 through y_4 Each of these inputs represent either 0 (50V.) or 1 (L06V.) during addition. The adder shown in the fig. consists of four binary full-adders, at th etop, which perform base 10 addition. Therefore in order to determine what are the required features in the design of the decimal adder, let us examine the possible totals :—

For sums (N) 0—9 the addition is ordinary and requires no change.

For sums N 9 means must be provided in order to correct the sum and provide for the carry output (C_{out}).

To correct the sum, we have to add 6 and subtract 16. Then for N 9 = (N + 6 — 16) = (N-10) which is correct. Thus all that required, to correct the sum, is to add 6 whenever the sum is greater than 9.

To provide for the carry output (C_{out}), it is clear that a carry is required whenever the sum is greater than 9. In other words, when there is a carry from the highest order binary adder (N 16), or when there is eight, and either two or four, on the sum lines of the binary adders.

The circuitry used for the correction of the sum is shown in the lowest part of fig. (19), in which 6 is added to the sum lines by the us eof the two half-adder and the full adder and 16 is subtracted by ignoring the last carry

The correction for the carry is provided by the two And-circuits and the OR-circuit, shown to the left of the diagram.

The block diagram of the decimal adder consists of the following parts :—

Binary full-adders — binary half-adders — AND-iates — OR-gates.

In the following are the construction and complete design of these parts.

Half-adder

The half-adder consists of a gating circuitry which performs the addition of two binary digits. The Boolean expression describing the input-output relationships for the half-adder are as follows :—

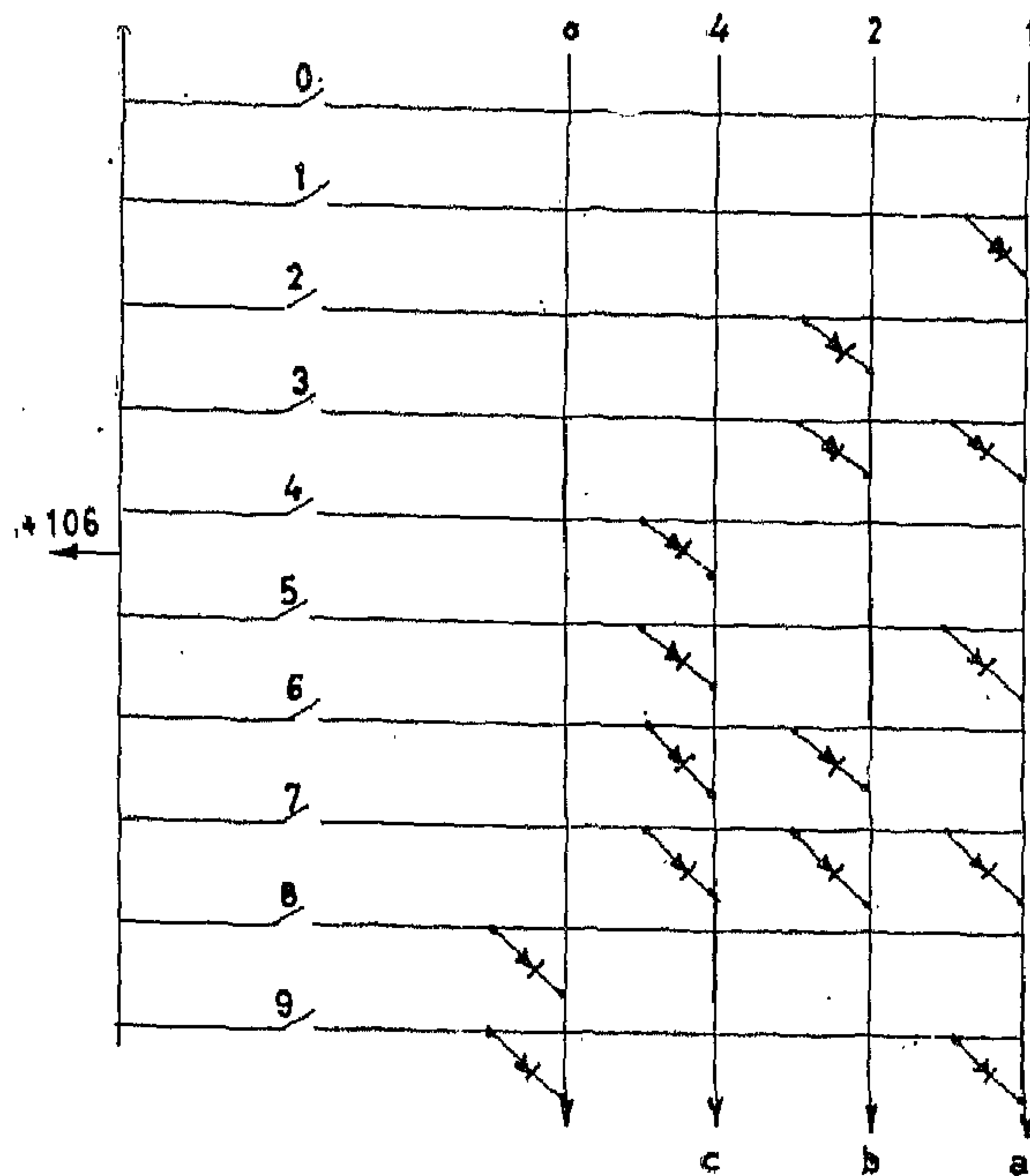
sum (s) = (x+y) (x+y) or S = xy+xy
carry (c) = xy.

where x and y designates the addend and the augend digits respectively.

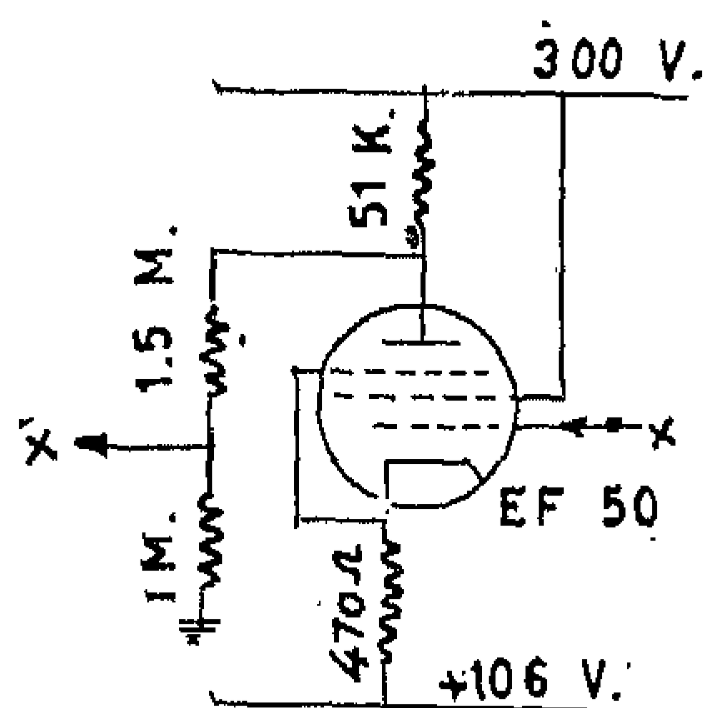
We have seen the logical design of the half-adder using standard gates. Here we shall see a design which depends directly on the characteristics of the vacuum tubes to realize the Boolean expression of the half-adder. This method provide seconomy in the electronic components needed.

Fig. (20) shos the circuit diagram of the half binary adder. Four EF50 pentode tubes are used. In fig. (20-a) two pentode tubes are connected with common plate resistor to generate the sum. The operational conditions of this circuit are as follows :—

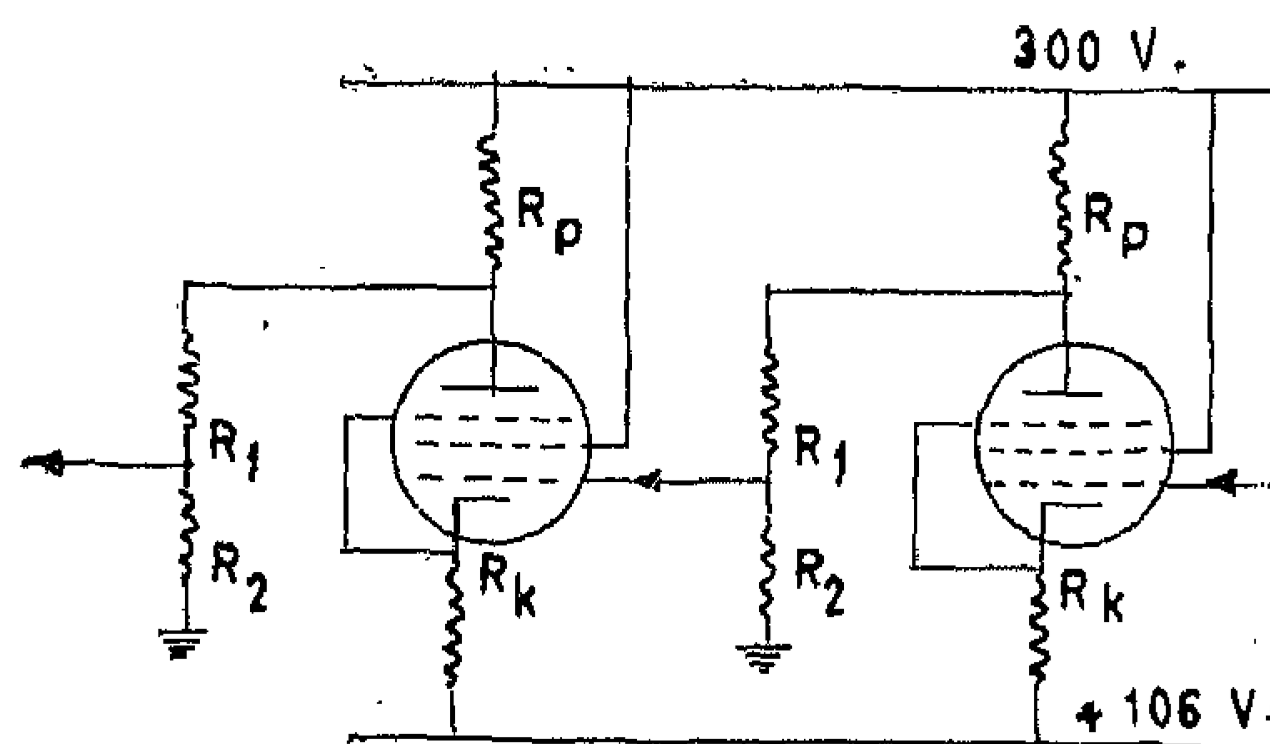
If simultanous high input signals are applied, one to the control grid and the other to the suppressor grid of any tube, this tube conducts and a low voltage level is obtained at its plate. If any one of these input voltage is low, the tube will be a cut off condition and its plate voltage will be high. Let the input signals to one tube are designated by x, y while x, y, the complements of x, y, are applied to the second tube.



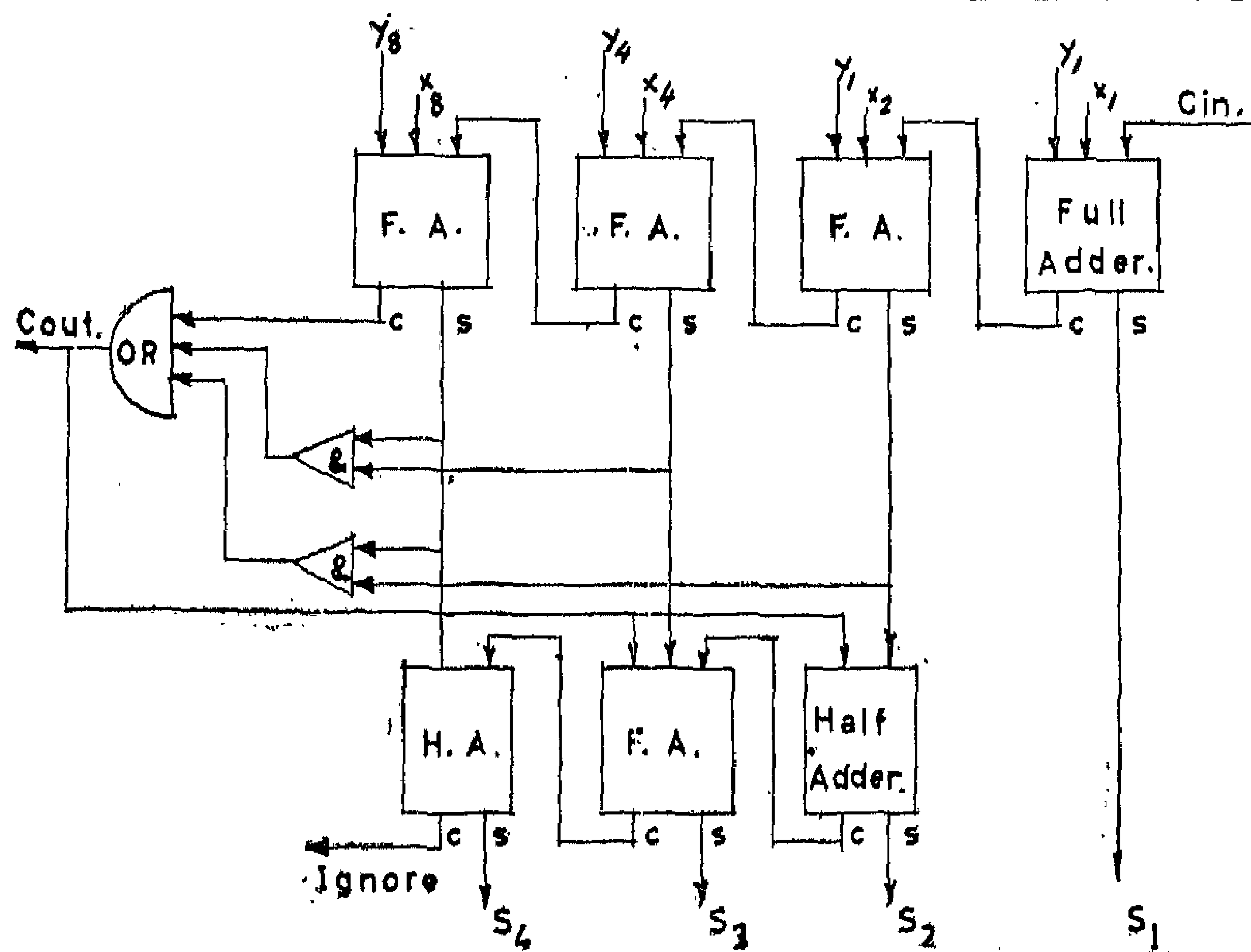
INCODER MATRIX



INVERTER CIRCUIT.



STORAGE AND COMPTEMENT GENERATOR CIRCUIT.



BINARY - CODED - DECIMAL ADDER.

symmetrical incoder matrices are needed, one for the x and th eother for the y.

Fig. (15b) shows the circuit diagram for the incoder matrix. The input to th ematrix is any one of the decimal character from 0—9. The output from the matrix is the binary equivaelnt of the input decimal character. Since any decimal digit is represented by four binary bits, the output of the matrix consists of four lines. We have used the representation that + 106V. d-c. level to represent the binary bit 1 and (0—5) V. d.c. level to represent the binary bit 0. For feeding any decimal digit (0—9) to the adder, just press the key indicating that character and the connection of the diodes in the matrix provides the translation of any decimal digit into its equivalent four binary bits. Since we use the weighted 8, 4, 2, 1 binary code, the binary equivalence of the ten decimal characters will be as written before.

For instance if we press the key indicating 6, an output signal (+ 106 V.) will appear on each of the output lines b and c, lines a and d will have no signal (0—5 V.). Thus the code group obtained, at the output of the matrix, is 0110 which is the binary equivalent of the decimal digit 6.

In the construction of such matrices, diode crystals are commonly used for they are used in great numbers and the current required for the heating of the thermionic vacuum diodes may reach hundreds of ampers. For the lake of such crystals in our possibilities, for the time being, themionic diodes are used. VR 54 (double diode) with their filaments connected in series-parallel groups are used. The filament groups are arranged such that we can use the 220 V. supply directly without need for using transformers and also to eliminate the value of the heating current required.

3. *Storage and Complement Generator Stage :*

This stage is necessary, since the type of adder constructed requires for its input the binary bits together with their complements. This stage receives the input from the incoder matrix, forms the complement of each variable and then delivers the inputs and the complements to thea dding stage (decimal adder).

This stage consists of two vacuum tubes for each binary bit of the input (fig. 16). The first tube receives the binary bit from the incoder matrix as an input to its grid. The plate output of the tube represents the complement of the input, i.e. the tube works as an inverter circuit. If one designate the input to the tube by x_1 the output will be the output will be x_1 the complement of x. The two operating conditions of inverter circuit are as explained before. The circuit diairam of the inverter circuit is shown in fig. (17). EF 50 pentode is used. The circuit components are shown in the diagram. The H.T. voltage is 300 V. while the cathode is connected to a potential of +107 volts through a biasing resistor of 470 ohm. The plate current corresponding to a plate load of 51 K. ohm and −2 volts grid-to-cathode bias is about 3.55 m.a. obtained from the plate characteristic.

When the tube receives a high input signal +106 V. it conducts and the plate potential drops to 300-355 × 51 = 120 V.

When the tube receives a low input signal (0—5 V.) the tube will be in cut off condition and the plate voltage is 300 V. These two voltage levels is changed through the potential divider into 50 volts when the tube conducts and 106 volts when the tube is cut off.

Since it is preferable to use constant voltage levels to represent the two binary bit through the adder, the second tube is used to correct the voltage levels. 106V. are used to represent 1 and about 50 to represent 0. The voltage levels at th eoutput lines of the incoder matrix are +106 V. and (0—5 V.). The input to the second tube is the output of the first inverter (x_1) which is either 106 V. or 50 V. The circuit components of this tube is the same as that of the first. The output of the tube is the "complement of" x_1 i.e. × but with voltage leevls either 106 V. or 50 V.

works on binary-coded-decimal representation of numbers and uses the weighted binary code 8, 4, 2, 1. In this adder the data or numbers are transmitted in parallel, i.e. all the bits of the operation and number are fed into the adder at the same instant. The numbers are fed into the adder in decimal form, while the arithmetic operation (addition) is performed on binary-coded-decimal number system. Therefore incoder matrices for decimal to binary transformation are needed. In the same time decoder matrices for binary to decimal transformation are needed at the output to enable the delivering of the output result in decimal form.

Fig. (15a) shows the block diagram for the circuits needed. This diagram consists of the following .

1. Input unit.
2. Incoder Matrix for decimal-to-binary transformation.
3. Storage and complement generator stage to store the signals representing the input binary numbers and generate its complement. This storage will drive the adding circuits.
4. The binary-coded-decimal adder for adding one decimal digit of the addend to the corresponding one of the augend number.
5. Storage and complementer circuits which will receive the results from the adder and forms their complements. These circuits will drive the decoder matrix.
6. Decoder Matrix which ranssforms the result from the adder from the binary to the decimal system.
7. Indicator lamps to translate the output, which is in the form of electrical signals, into a physical indication (light) from which the output result can be read directly.

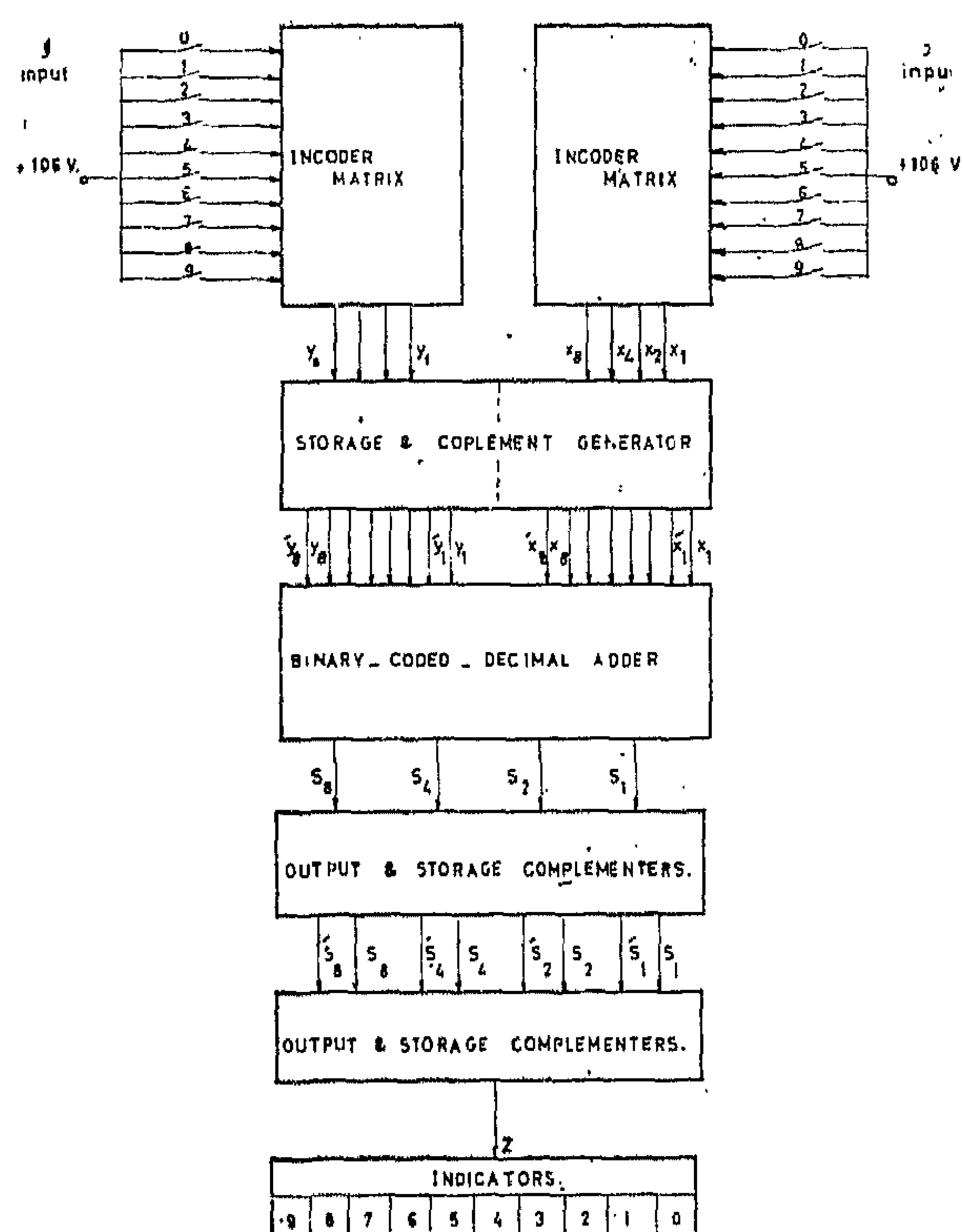


FIG. (15-a)

Block-Diagram of a binary-coded-Decimal Adder.

The circuits illustrated in the block diagram are capable of performing the addition process on one decimal digit as addend number and one as augend. Since the capacity of our adder (work length) is four decimal digits for each of the numbers to be added, the mentioned block diagram is repeated four times.

In the following we shalel see the construction and design of all the parts of the system :

1. *Input :*

The numbers are feed into the system by means of 10 keys connected from one side to a common supply (+ 106 v.) and connected from the other side to ten lines. Each key with the corresponding line indicates one digit of the ten decimal digits. The lines are connected to the incoder matrix, fig. (15).

2. *Incoder matrix :*

This part is used for decimal-to-binary transformation. Let the letters x, y designate the decimal digits to be added. The letter x for the added and y for the augend. Two

From the table, one can derive the Boolean expressions for the input-output relationships. These expression are as follows :—

$$s = \bar{x}\,\bar{y}\,c + \bar{x}\,y\,\bar{c} + x\,\bar{y}\,\bar{c} + x\,y\,c$$

$$c_0 = \bar{x}\,y\,c + x\,\bar{y}\,c + x\,y\,\bar{c} + x\,y\,c$$

The expression or c_0 may be simplified using Boolean theorems into :

$$c_0 = x\,c + x\,y + y\,c$$

Another expression for the sum which may be derived from the table, in the product-of-sum form, is as follows :—

$$s = (x + y + c)\;(x + \bar{y} + \bar{c})\;(\bar{x} + y + \bar{c})\;(\bar{x} + \bar{y} + c)$$

There are many logical designs for the full binary adders. In these designs, standard gates are used to realize the above expressions in an economical way.

Half and full-adder relationships :

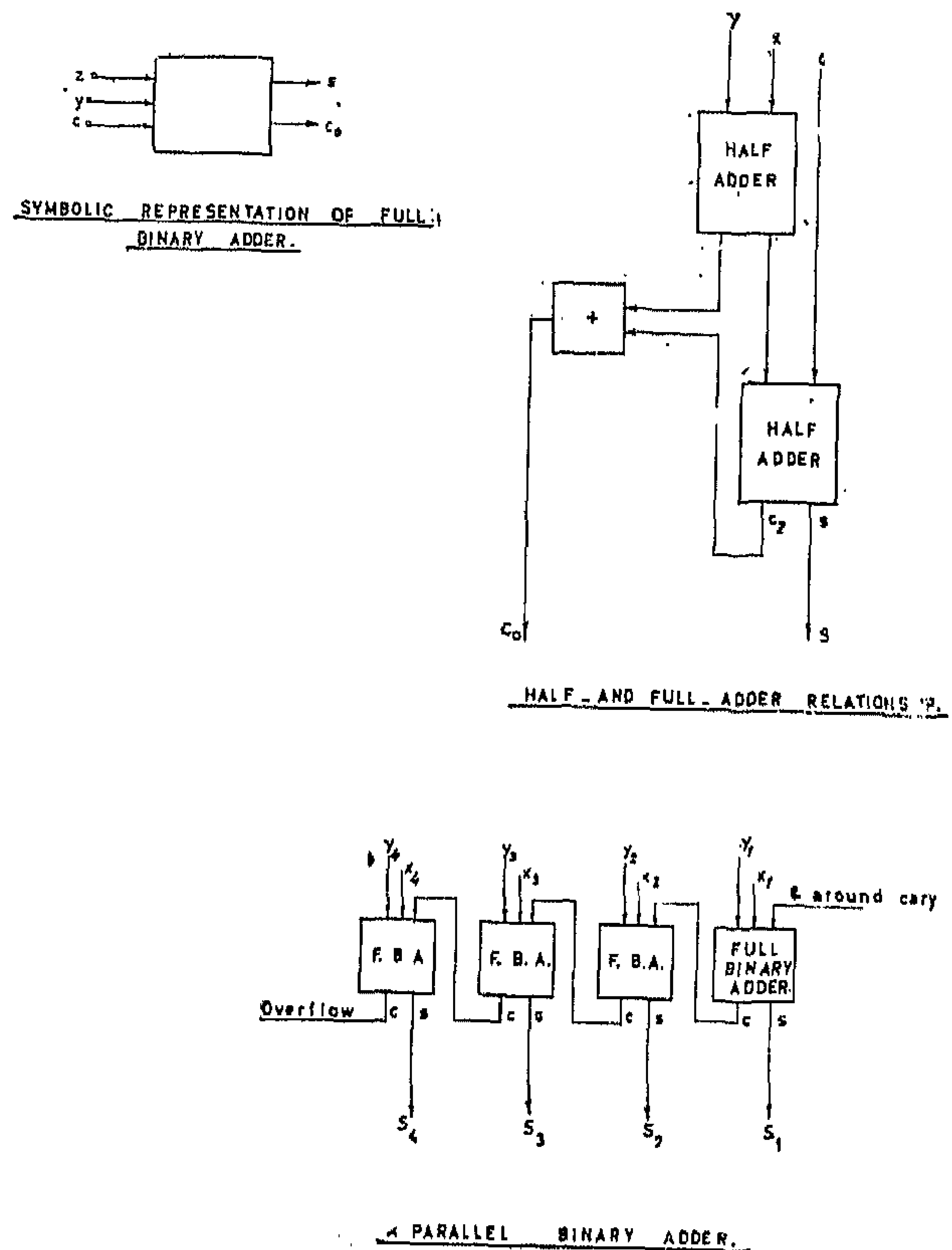
A full adder may be constructed of two binary adders and an OR-circuit. The OR-circuit is not important from th epractical point of view, but it is necessary from a logical point of view. The block diagram of this arrangement is shown in fig. (13).

A Parallel Binary Adder :

The full binary adder, explained before, adds two binary bits together. In order to add two binary numbers each consisting of a number of binary bits, full binary adders have to be connected such that the carry from any stage is connected as an input to the stage of higher order A 4-bit parallel binary adder is shown in fig. (14). The bits of the addend number are designated by x_1 through x_4 and those of the augend by y_1 through y_4.

The Decimal Adder :

In most computers, the input data are in the decimal form. The actual arithmetic, inside the computer ,is performed in the binary code. For this reason most computers work in the binary-coded-decimal representation of numbers. In the binary system the addition



FIGS. (12, 13 and 14)

is carried out either in serial form or in parallel form while in the binary-coded-decimal system, numbers may be represented either serial or parallel or in the series-parallel representation. For instance the decimal number 658 written in the binary-coded-decimal form will be 0110 0101 0011. Each group of 4-bits represents a decimal digit. In the series-parallel system, each code group representing a decimal digit is handled as a unit, that is in parallel, while these groups are handled in parallel.

Decimal adders working on binary-coded decimal representation of numbers need external equipments to change the decimal numbers into their equivalent binary code groups and vice versa.

Complete design of a Parallel Decimal Adder

In the following, the design of a parallel decimal adder will be shown. This adder

numbers or words to change them, or combine them, according to given rules. The most important operations done by the arithmetic unit are: addition, subtraction, multiplicated arithmetic operations can also be carried out by the arithmetic unit.

Addition is the basic arithmetic operation because the other operations can be performed by the use of adding circuits with some control. For this reason, some stress will be given to the adding circuitry which are called adders.

The Binary Half-Adder:

Half-adder is the adding circuitry which is capable of adding two binary bits. The symbolic representation of the half adder is as shown in fig. (10).

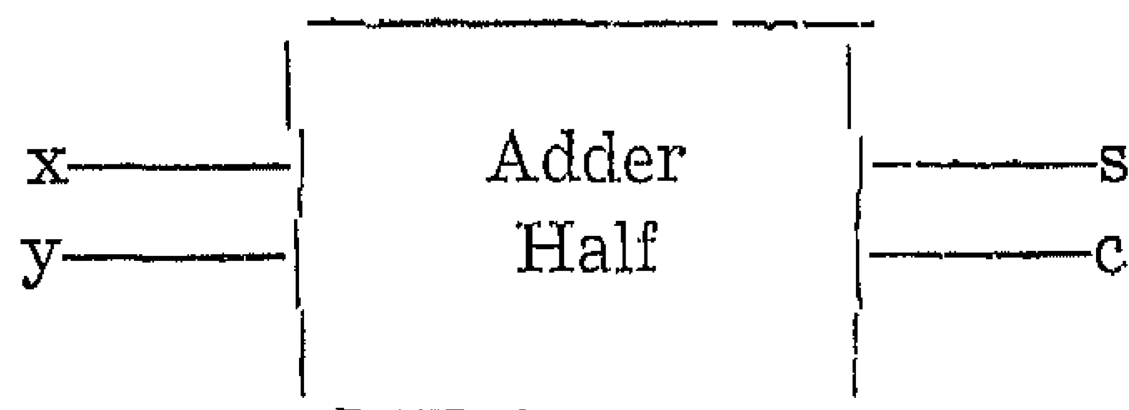


Fig. (10)
Symbolic representation of a half binary adder.

There are two inputs designated as x, y and two outputs s, c. The half adder performs the binary addition operation for the two binary input variables x, y. It performs "arithmetic addition" not logical addition.

The binary addition relationships between the input variables and the output mentioned before, can be expressed by:

Sum $(s)=xy^{-}+x^{-}y$ or $s=(x+y)(x^{-}+y^{-})$
carry $(c)=x.y$ $\quad c=x.y$

These expressions may be constructed in number of ways as illustrated in fig. (11). The input to the circuit contains the variables and their complements. If these complements are not available inverters have to be used.

The full Adder:

The half adder performs the binary addition of two binary bits. It fails to add binary number, each composed of a number of binary bits, because there is not input to the half adder for carries generated by the previous bits. In the full adder there must be three inputs to each stage of the parallel adder, except for the stage of the least-significant bits. One of these inputs is for the addend, the second for the augent and the third for the carry which might be generated from the previous stage. The block diagram symbol for a full binary adder is shown in fig. (12). The three inputs are x and y, which are the respective addend and augend digits, and c which is the carry generated from the previous stage. The two outputs are: (s) which is the sum output and c_o which is the carry has to be added to the next stage.

According to the binary addition rules, the table of combination for the input-output relations for the full is as shown. (Table.)

Table of combination for a full binary adder

Input			Output	
x	y	c	s	C_o
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

tube diodes are excellent in rectifier gates, they are displaced by germanium and silicon rectifiers.

When a vacuum tube is used as a switching device, it is operated such that, when high input voltage applied to the grid or grids, the plate current takes a value near saturation and when low input voltages are applied, the tube is cut-off. Under these conditions the tube will not be sensitive to small variations in the amplitude of the signals representing "1" and "0" states.

Complementation may be obtained directly by a single triode, as shown in fig. (3). When high voltage is applied to the grid, a high plate current will flow and the plate voltage will drop and hence the output voltage will be low. When a low input signal is applied to the grid, the tube will cut-off, the plate voltage will be high and so the output voltage. The potential devider R shown is used to permit adjusting the magnitude of the output voltage w.r.t. ground.

Triodes may be used so that their plates are connected through or common plates resistor R_p which is made large relative to the tube plate resistance, fig. (4). If a high signal is applied to the grid of any tube this tube will conduct and the plate voltage will be low. Only if both input voltages are low, both tubes will be cut-off and the plate voltagge will be high. If the inputs are denoted by x, y and the output by z, then this switching relation is given by : $7 = x^- y^-$.

Thus all the three basic gates can be realized using triode tubes as shown in fig. (5).

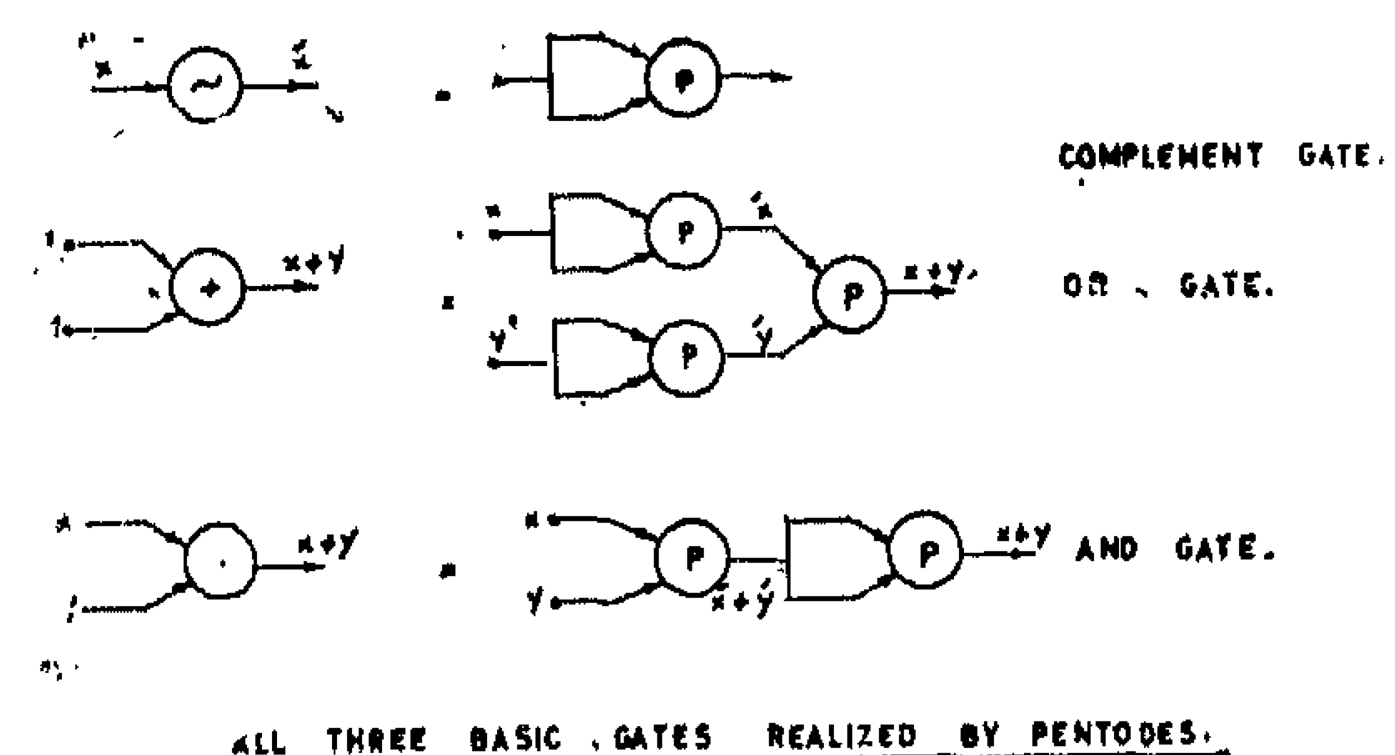
A pentode gate is shown both by circuit diagram and by symbolic representation in fig. (6). Physically, the pentode is cut-off if either or both of its input voltages are low, and conducts only if both input voltages are high. This switching function of the pentode may be written as : $z = x^- + y^-$ where x and y are the inputs to its grids and z is the plate output.

A number of pentodes may be connected to operate with a common plate resistor as shown in fig. (7). If either or both pentodes conduct the output voltage will below. By this connection, the output will be the products of the outputs of the individual pentoges when operated with separate plate resistor. Fig. (8) shows that all three basic gates can be constructed by using pentode gates alone.

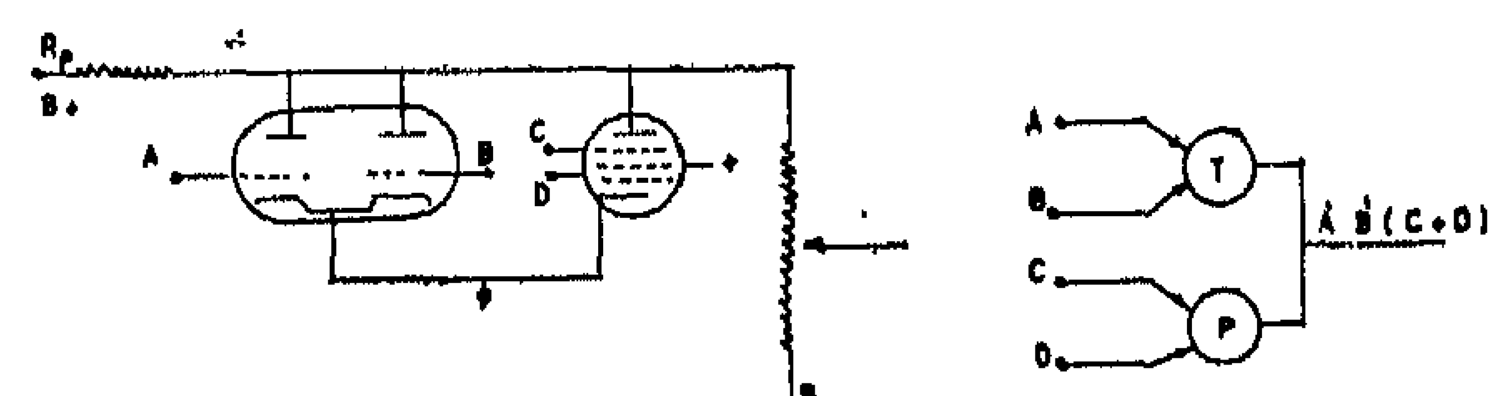
Triodes and pentodes may be connected together with a common plate resistor as shown in fig. (9). Still the multiplication property of the common plate resistor is applied to the outputs of the individual elements with separate plate resistors.

THE ARITHMETIC UNIT

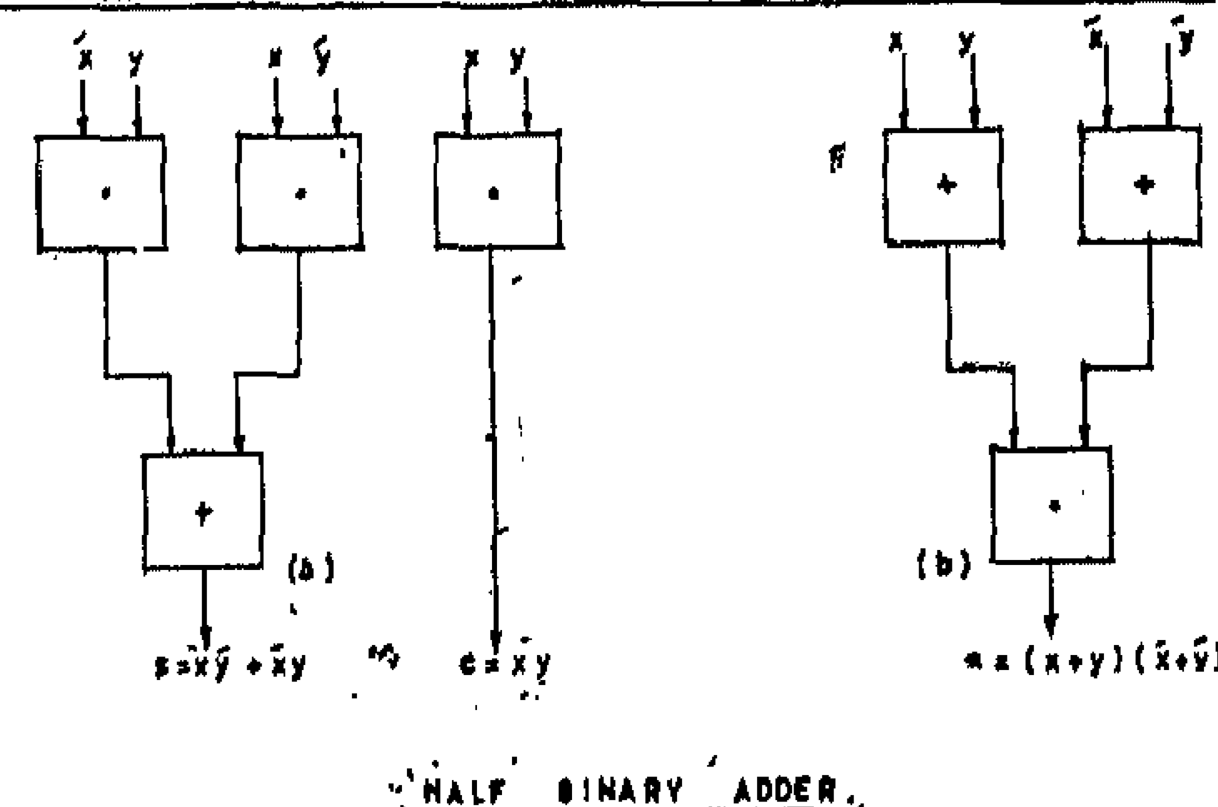
The arithmetic unit, of a digital computer, is the part which performs operations on



ALL THREE BASIC GATES REALIZED BY PENTODES.

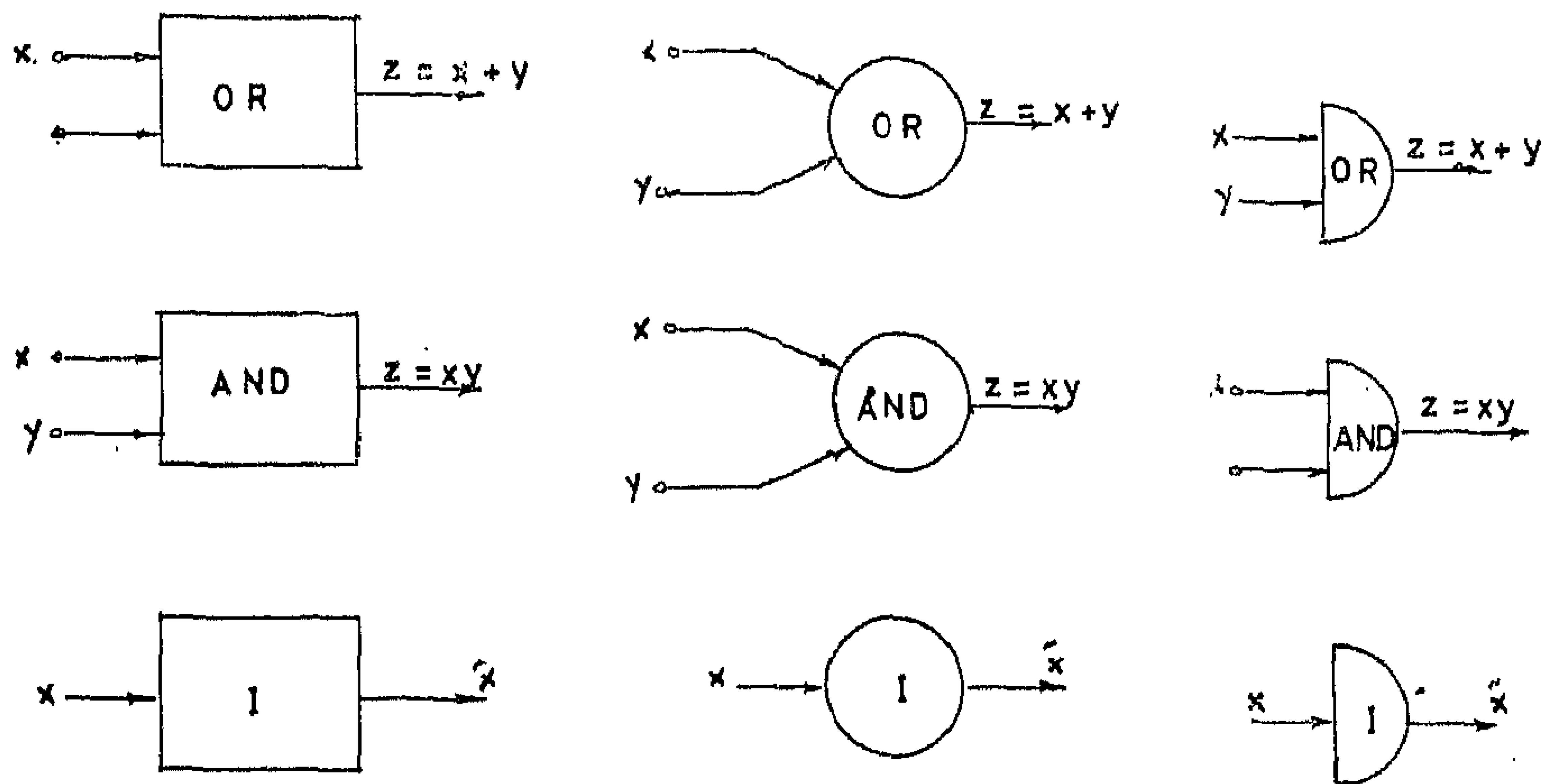


THE COMMON PLATE RESISTER PERMITS LOGICAL MULTIPLICATION.

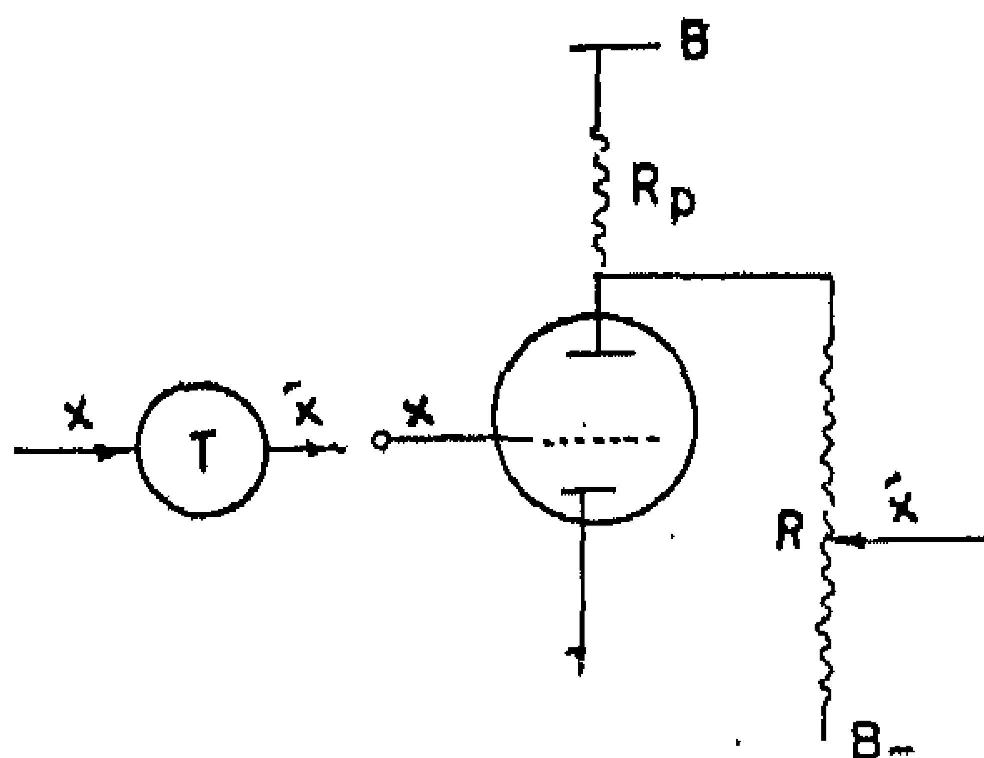


HALF BINARY ADDER.

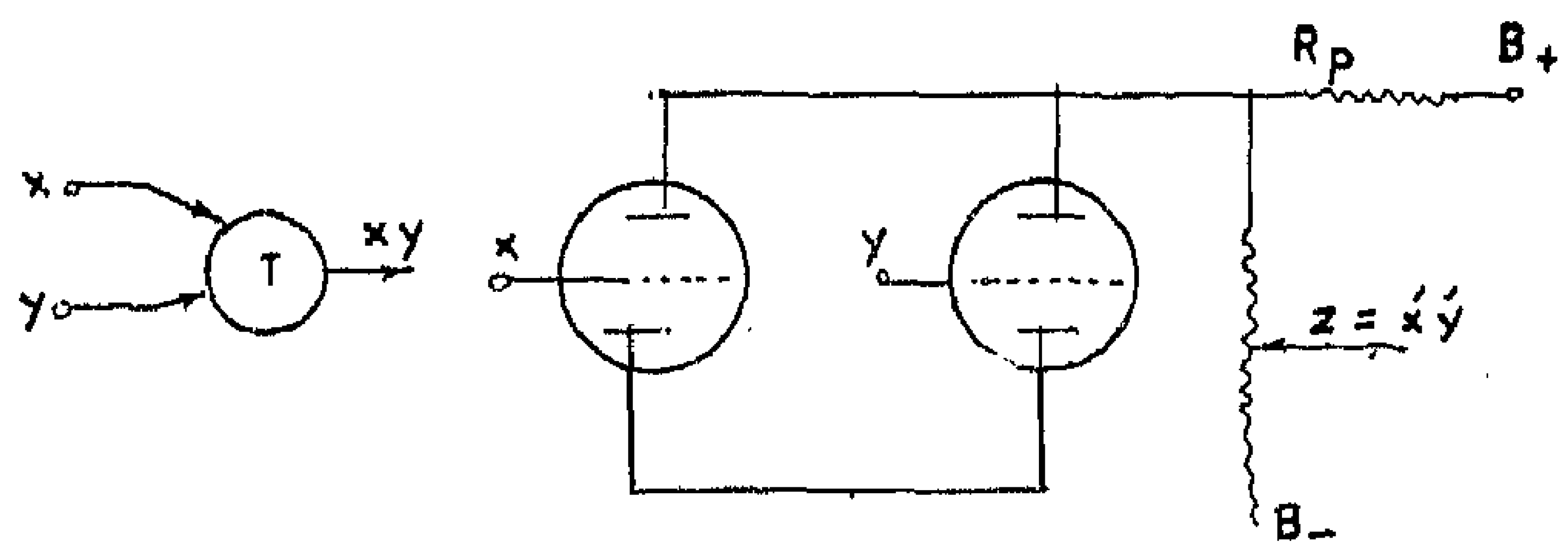
FIGS. (8, 9 and 11)



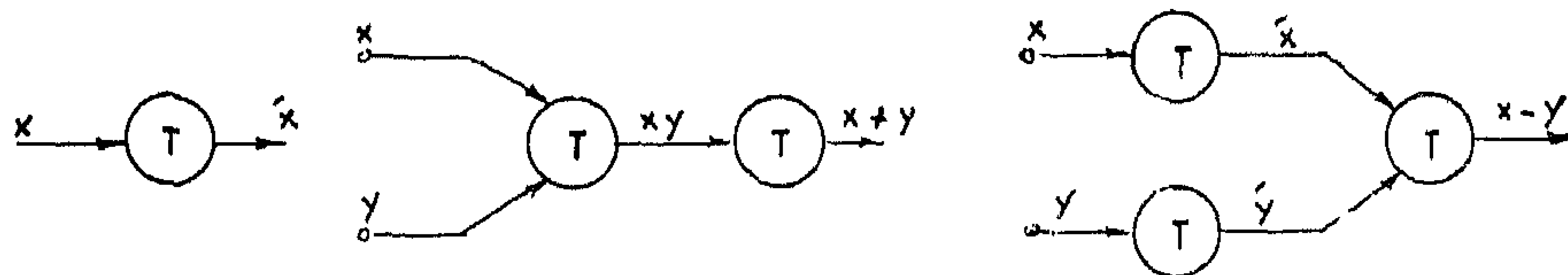
SYMBOLIC REPRESENTATION OF THE 3 BASIC GATES.



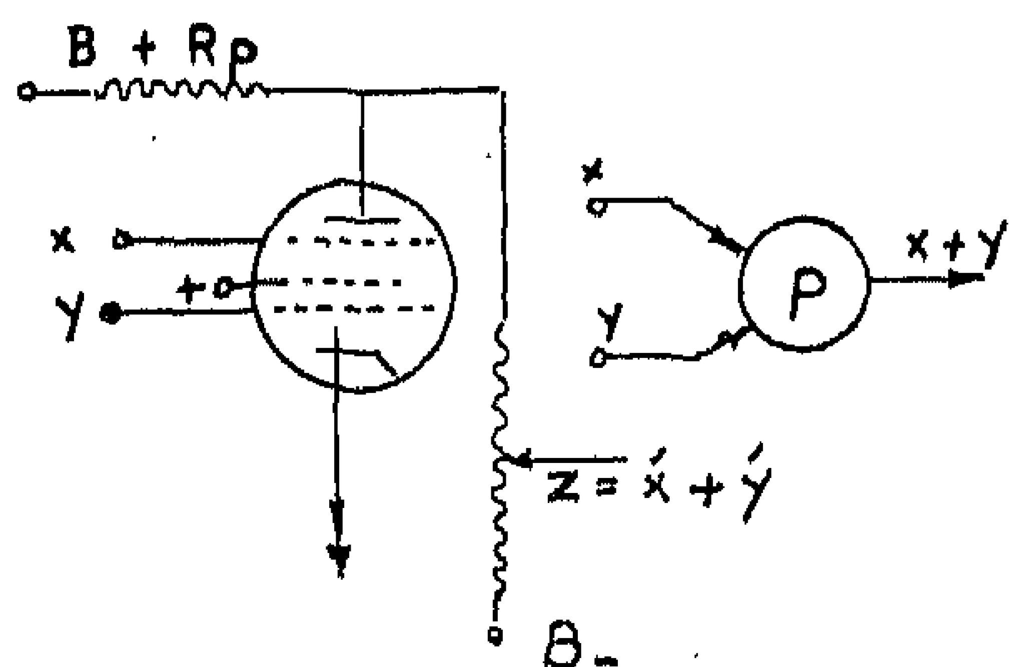
TRIODE x AN INVERTER.



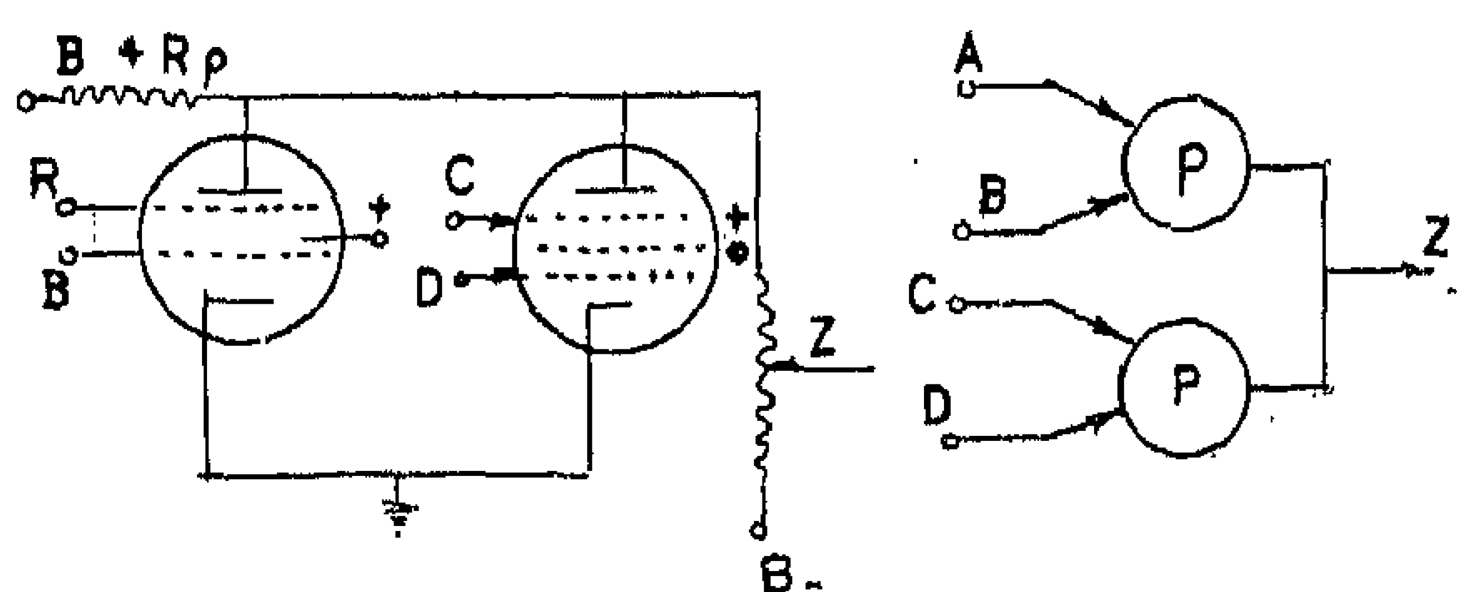
TRIODES WITH COMMON PLATE RESISTOR.



ALL THREE BASIC GATES REAFIZED BY TRIODES.



THE PENTODE GATE.



TWO PENTODES WITH A COMMON PLATE RESISTANCE.

There are three methods of transmission used in computer circuits. The first is the parallel transmission, in which all the bits of a computer word are transmitted in parallel, each on a separate line. The second method is called serial transmission. In this system all the bits of a computer word are transmitted in series, on the same line. The last method is known as series parallel transmission. In this system the bits of a computer word are transmitted in parallel, while the words are handled in series.

Basic Logical Circuits :

Although a modern electronic computer is composed of a large number of electronic components, an entire machine will usually contain only a few types of basic circuits, used over and over. This sort of construction simplifies the design of the machine, increases reliability and makes the maintenance of the machine simpler and faster. In the same time, these basic circuits are simple in their principles. These basic circuits are : circuits which perform logical operations on input signals, storage elements which store bits of information, and accessory circuits such as co-axial line drivers, neonlight indicator circuits..., etc.

Logic is the science that teachers how thinking or reasoning should proceed, it produces the result of thinking. Logic presents a means by which thinking or reasoning may be simulated and the result of thinking are obtained or checked.

The three basic logical oprations are as follows :—

1. *The "AND" relation :*

Assuming that the data are represented by electrical signals and they are in the binary form, then a given signal may represent either 0 or 1. If the high signal represents 1 and the low signal represents 0, then the "AND" relation between the inputs and the output will be such that, the output will be high (1), if and only if all input signals are high (1's). If the inputs are expressed by x and y and the output by 3, then this relation, expressed in Boolean algebra, is : $z = x . y$ (said x and y equals z) and known as logical multiplication.

2. *The "OR" relation :*

In the "OR" relation the output will be high (1) if one or all inputs are high (1's). This relation expressed in Boolean algebra is : $z = x + y$ (said x or y equals z) and known as Logical Addition.

3. *The Inversion or Negation or Complementation :*

If a signal is to be inverted or complemented, th eoutput will he high if the input is low and vice versa. The inversion of x is $\bar{x}$ said "not" x or the "complement of" x.

The diagram in fig. (2) shows the symbolic representation of the three basic logical operations.

Note : The "AND" relation and the "OR" relation described are true for more than two inputs.

These basic logical relations may be realized by using diodes and resistors, resistors, vacuum tubes, transistors and magnetic cores. The circuit obtained are known as the three basic gates, corresponding to the three basic logical operations.

The "AND" gate and the "OR" gate can also be built using cryotron elements which is switching device whose operation is based on the superconductivity, which occurs at extremely low temperatures. However, such techniques are still in their early experimental stages.

Some stress will be given on the vacuum-tube gates to make possible to compare between the design of adders using these gates and the adder which has been designed in this research.

Vacuum Tube Gates :

Gates constructed from triodes and pentodes are only considered. Although vacuum-

system (radix 16). The binary system, is the most efficient system for machine use.

The Binary System :

The binary system is very simple for it uses only the symbols 0 and 1. For this simplicity and other reasons, present-day digital computers are constructed to operate in binary or binary-coded-decimal systems. A fact which makes the binary system suitable for computer use, is that the components used in digital computer circuits are basically bistable in their operation.

The following table gives the binary values which are equivalent to the decimal numbers:

Decimal	Binary	Decimal	Binary	Decimal	Binary	Decimal	Binary
1	1	6	110	11	1011	16	10000
2	10	7	111	12	1100	17	10001
3	11	8	1000	13	1101	18	10010
4	100	9	1001	14	1110	19	10011
5	101	10	1010	15	1111	20	10100

Since the base (radix) of the binary system is 2, then the weights of the colums are 1, 2, 4, 8, 16, ... etc., from right to left.

Binary Addition and subtraction :

Addition and subtraction in binary number system are much simpler, for we have only two digits 0 and 1. The rules of binary addition and subtraction are as follows :

$0 + 0 = 0$

$0 + 1 = 1$

$1 + 1 = 0$ plus a carry-over of 1

$0 - 0 = 0$

$1 - 0 = 1$

$0 - 1 = 1$ with a borrow of 1.

Since the largest digit is 1, a carry-over is generated whenever the sum is greater than 1. Also when a 1 is subtracted from 0, the remainder is 1, but it is necessary to borrow 1 from the next colum to the left.

Binary Multiplication and Division :

The binary multiplication is very easy. It is only necessary to copy the multiplicant if the multiplier is 1 and the copy 0's if the multiplier is 0.

The binary multiplication table and the binary division tables are as follows :

$0 \times 0 = 0$ $\qquad$ $0 \div 1 = 0$

$0 \times 1 = 0$ $\qquad$ $1 \div 1 = 1$

$1 \times 1 = 1$

Representation and Transmission of Binary Numbers :

The different operations performed by electronic digital computers are carried out by switching and storing electrical signals. Hence there are many ways of representing the two digits of the binary system by electrical signals. In d-c. computers, two different voltage levels are used, while in a-c. systems different techniques may be used. One system uses a positive pulse of short duration to represent 1 and a negative pulse of the same duration and amplitude for the 0. In other techniques, the presence of a positive or negative pulse indicates 1 and the absence of a pulse indicates 0. If a-c. sinusoidal signals are used, a phase shift distinguishes bet. the digits 0 and 1.

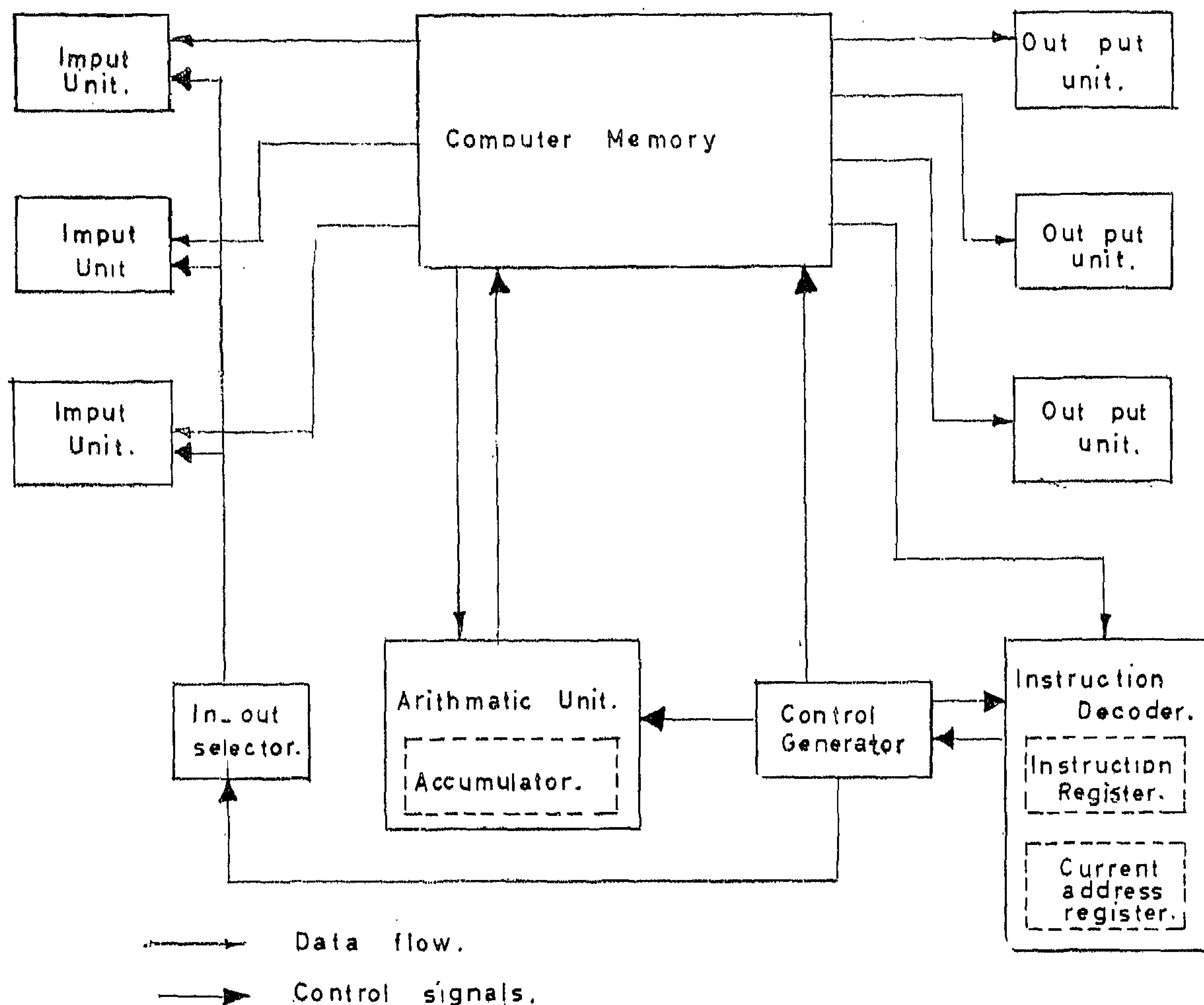


FIG. 1. *Block diagram of a computer.*

This last function is done by the use of electronic control signals. The part of the control unit which interpretes or decodes the instructions is called the Instruction Decoder and the second part which generates the control signals, is called the Control Generator.

Input-output :

These units are the devices which enable the numbers and the instruction to be initially introduced and finally read out of the compter memory. These units are not build inside the compter itself, but they form separate units. They may be electric typewriters, paper tape, punching machines, card puncching machines or magnetic tape recording machines. Most computers have several input units and output units. The In-Out selector determine which unit will read the information into or out of the computer. This selector is operated by signals from the control generator.

Nnmber Systems & Codes

Since man started counting using his hands, the decimal system, which is based on our ten fingers, has been widely adopted throughout our present civilization that we rarely consider the possibilities of other number systems. But the decimal system is not the most efficient one for machine construction.

Other number systems besides the decimal system are the binary system (radix 2), the octal system (radix 8) and th esexadecimal

SWITCHING CIRCUITRY OF ELECTRONIC DIGITAL COMPUTERS (COMPLETE DESIGN OF A PARALLEL DECIMAL ADDER)

By

Dr. NAIM ABOU-TALEB
Ass. Prof., Elec. Department, Faculty of Engineering, Alexandria University

and

Eng. ABD-ELFATTAH M. ABD-ALLA
National Research Center.

Introduction

Digital computers are playing an increasingly vital role in business, industry and science. They are used for many phases of accounting and sales, for production control, material handling and for firing and flight control of aircraft and missiles. The extensive list of areas in which digital computers are used is constantly growing.

The purpose of this paper is to build a decimal parallel adder, which is the main part in the arithmetic unit of a digital computer. Although all computers, used now, utilize transistors and magnetic cores for their switching circuitry, vacuum tubes are used in the switching circuitry of the decimal adder designed in this paper. The reason for using vacuum tube is that transistors and cores are not available. The adder which is built, is designed in way that the number of switching elements used are less than in the other corresponding adders.

In this research a comparison is made, between the adder which is built and the other corresponding adders used most computers, to show the economics realized by this design.

In order to make the reading of this research possible for any one, with a basic knowldege of electronics, the research provides some general knowledge about; the block diagram of a digital computer, number system and codes used in the arithmetic unit of digital computers, the basic logical circuits and gates. The thesis gave some stress on the vacuum tube gates. Then a basic summarized knowledge about adders is introduced. The details of the complete design of a decimal parallel adder is given at the end.

The computer is composed of the following parts, Fig. (1):

Black Diagram of a Digital Computer

The memory:

The computer's memory stores the numbers to be operated on. It stores the instruction and the intermediate results and final results. The memory supplies the computing unit by the data required for the arithmetic operations with a high speed. In high speed computrs, the time taken by a number or an instruction to be transmitted to the computing unit is about 1 microsecond.

The computing unit:

The computing unit is composed of two parts; the arithmetic unit and the control. The first part performs the arithmetic operation performed by the computer. The second part obtains the instructions from the memory and interprets them.

The control:

The control unit of a digital computer performs two functions: first it must interpret the instructions and then according to this interpretation it must, secondly, tell the arithmetic unit what operation to perform.

[1]Summary of a thesis submitted for M.Sc. to Alexandria University.

TABLE 6. Uniform Loading. $T_A = T_D = \text{coeff.} \times w\, l_o^2$

b/d	R/l_o / α	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Any ratio	0°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/2	15	+0.03625	+0.04021	+ 0.04442	+0.04882	+0.05212	+0.05641
	30	+0.0453	+0.05721	+ 0.06804	+0.07983	+0.03634	+0.10345
	45	+0.03769	+0.05316	+ 0.06939	+0.08722	+0.09980	+0.11200
	60	+0.02693	+0.04084	+ 0.05442	+0.06675	+0.07537	+0.08300
	75	+0.01323	+0.02177	+ 0.02679	+0.02561	+0.01734	+0.00034
	90	0.00	—0.0021	— 0.01380	—0.0407	—0.08850	—0.15010
1/3	15	+0.03046	+0.03397	+ 0.03782	+0.04109	+0.04461	+0.04853
	30	+0.03045	+0.03826	+ 0.04576	+0.05445	+0.06277	+0.0 186
	45	+0.02121	+0.05070	+ 0.03927	+0.04969	+0.05846	+0.06669
	60	+0.01411	+0.02174	+ 0.02876	+0.03434	+0.03720	+0.03666
	75	+0.00668	+0.01095	+ 0.01172	+0.00668	—0.00526	—0.02731
	90	0.00	—0.00180	— 0.0129	—0.03770	—0.08130	—0.14100
1/4	15	+0.02492	+0.02791	+ 0.03096	+0.03405	+0.03731	+0.04058
	30	+0.0206	+0.02601	+ 0.031506	+0.03760	+0.04353	+0.04967
	45	+0.01386	+0.01928	+ 0.025488	+0.031096	+0.03600	+0.04042
	60	+0.00848	+0.01304	+ 0.01681	+0.01977	+0.01798	+0.01460
	75	+0.00395	+0.00621	+ 0.00506	—0.00192	—0.01050	—0.04151
	90	0.00	—0.00100	— 0.0121	—0.0362	—0.07690	—0.1366

TABLE 5. Uniform Loading. $M_{(l_o/2)}$ = coeff. × w l_o^2

b/d	R/l₀ / α	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Any ratio	0°	—0.04167	—0.04167	— 0.04167	—0.04167	—0.04167	—0.04167
1/2	15	—0.01022	+0.00204	+ 0.0153	+0.03207	+0.05009	+0.06824
	30	+0.04634	+0.08198	+ 0.12676	+0.17751	+0.23597	+0.30100
	45	+0.08730	+0.15894	+ 0.24701	+0.35067	+0.47680	+0.61730
	60	+0.10945	+0.22192	+ 0.36628	+0.54300	+0.75339	+0.99610
	75	+0.12145	+0.27595	+ 0.48334	+0.74435	+1.05925	+1.42853
	90	+0.12500	+0.32200	+ 0.59900	+0.95600	+1.39300	+1.91000
1/3	15	+0.01131	+0.02532	+ 0.03993	+0.05862	+0.07808	+0.09799
	30	+0.07230	+0.11654	+ 0.06538	+0.22147	+0.28545	+0.3557
	45	+0.10379	+0.18140	+ 0.27713	+0.38821	+0.51814	+0.66550
	60	+0.11685	+0.23685	+ 0.38104	+0.56161	+0.77543	+1.02285
	75	+0.12320	+0.27887	+ 0.48738	+0.74954	+1.0653	+1.43599
	90	+0.12500	+0.32200	+ 0.59900	+0.95600	+1.39300	+1.91000
1/4	15	+0.03200	+0.04792	+ 0.06553	+0.08489	+0.10601	+0.12774
	30	+0.08900	+0.13602	+ 0.19007	+0.25138	0.32380	0.39430
	45	+0.11100	+0.19280	+ 0.29091	+0.40686	0.54077	0.69210
	60	+0.12000	+0.23797	+ 0.38794	+0.57061	0.78646	1.03560
	75	+0.12400	+0.28011	0.48916	0.74160	1.06670	1.43943
	90	+0.12500	+0.32200	0.59900	0.95600	1.39300	1.91000

TABLE 4. · Uniform Loading. $M_D = M_E = \text{Coeff.} \times w\, l_o^2$

b/d	R/l₀ / α	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Any ratio	0°	—0.16667	—0.16667	— 0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667
1/2	15	—0.13522	—0.14913	— 0.16204	—0.17144	—0.17959	—0.18761
	30	—0.07846	—0.09536	— 0.10292	—0.10451	—0.09839	—0.08570
	45	—0.03796	—0.04456	— 0.03499	—0.00983	+0.03780	+0.09980
	60	—0.10555	—0.00775	+ 0.03189	+0.10400	+0.20971	+0.34775
	75	—0.00355	+0.02015	+ 0.09674	+0.22695	+0.41105	+0.64953
	90	0.00	+0.04000	+ 0.16000	+0.36000	+0.64000	+1.0000
1/3	15	—0.11369	—0.12585	— 0.13741	— 0.14489	—0.15169	—0.15786
	30	—0.05274	—0.06080	— 0.06429	—0.06055	—0.04891	—0.03100
	45	—0.02121	—0.02210	— 0.00487	+0.02771	+0.07914	—0.14800
	60	—0.00815	+0.00727	+ 0.04670	+0.12260	+0.23175	+0.3745
	75	—0.00179	+0.02307	+ 0.10078	+0.23214	+0.41710	+0.65684
	90	0.00	+0.04000	+ 0.16000	+0.36000	+0.64000	+1.00
1/4	15	—0.09302	—0.10325	— 0.11281	—0.11862	—0.12367	—0.12811
	30	—0.03567	—0.04132	— 0.03961	—0.03064	—0.01556	+0.0076
	45	—0.01386	—0.01070	+ 0.00891	+0.04636	+0.10127	+0.17460
	60	—0.00489	+0.00830	+ 0.0536	+0.13160	+0.24280	+0.38725
	75	—0.00106	+0.02431	+ 0.10256	+0.23420	+0.41850	+0.66043
	90	0.00	+0.04000	+ 0.16000	+0.36000	+0.64000	+1.000

TABLE 3. Uniform Loading. $M_A = M_B =$ coeff. $\times$ w l_o^2

b/d	R/l_o / α	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Any ratio	0°	+0.33333	+0.33333	+ 0.33333	+0.33333	+0.33333	+0.33333
1/2	15	+0.36478	+0.40321	+ 0.44264	+0.48558	+0.52977	+0.57409
	30	+0.42154	+0.50932	+ 0.60644	+0.70953	+0.82033	+0.93770
	45	+0.46231	+0.61244	+ 0.77901	+0.96117	+1.16580	+1.3848
	60	+0.48445	+0.70159	+ 0.95057	+1.23192	+1.54707	+1.89445
	75	+0.49645	+0.78770	+ 1.11994	+1.51175	+1.95745	+2.45743
	90	+0.5000	+0.85400	+ 1.28800	+1.80200	+2.39600	+3.07000
1/3	15	0.38631	0.42650	0.46727	0.51213	0.55778	0.60384
	30	0.44726	0.54387	0.64506	0.75348	0.86981	0.99240
	45	0.47880	0.63490	0.80913	0.99871	1.20714	1.43300
	60	0.49185	0.71661	0.96538	1.25060	1.56911	1.92120
	75	0.49730	0.78467	1.12398	1.51694	1.96350	2.46514
	90	0.5000	0.85400	1.28800	1.80200	2.39600	3.07000
1/4	15	+0.40698	+0.44910	+ 0.49287	0.53840	0.58569	0.63560
	30	+0.46432	+0.56300	0.6697	0.78340	0.90316	1.03100
	45	+0.48614	+0.64631	0.82291	1.01736	1.22937	1.4596
	60	+0.4951	0.71764	0.97228	1.25962	1.58021	1.93495
	75	+0.49894	0.78607	1.12577	1.51900	1.96485	2.42417
	90	0.5000	0.85400	1.28800	1.80300	2.39600	3.07000

TABLE 2. Uniform loading. M_o = coeff. × w l_o^2

b/d	R/l_o / α	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Any ratio	0°	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667	—0.16667
1/2	15	—0.13999	—0.15580	—0.1734	—0.19029	—0.20850	—0.22948
	30	—0.09060	—0.11630	—0.1436	—0.17650	—0.21264	—0.25370
	45	—0.05331	—0.07960	—0.11580	—0.16309	—0.21177	—0.27184
	60	—0.03110	—0.05550	—0.09622	—0.15220	—0.22058	—0.3045
	75	—0.01370	—0.0367	—0.08440	—0.15403	—0.24460	—0.35410
	90	—0.00	—0.0207	—0.0774	—0.16450	—0.27630	—0.41900
1/3	15	—0.11770	—0.13170	—0.1479	—0.16280	—0.17950	—0.19870
	30	—0.06090	—0.07640	—0.09900	—0.12574	—0.15550	—0.19053
	45	—0.03000	—0.04784	—0.07320	—0.11000	—0.15330	—0.20465
	60	—0.01630	—0.03345	—0.06660	—0.11480	—0.17650	—0.25099
	75	—0.00692	—0.02540	—0.06880	—0.13440	—0.2212	—0.32586
	90	0.00	—0.02100	—0.07830	—0.16750	—0.28350	—0.42923
1/4	15	—0.0963	—0.1083	—0.1214	—0.1356	—0.1506	—0.1679
	30	—0.0412	—0.0539	—0.0705	—0.0921	—0.1170	—0.1461
	45	—0.0196	—0.03168	—0.0537	—0.0857	—0.1215	—0.1675
	60	—0.00979	—0.0234	—0.0528	—0.0968	—0.1543	—0.2255
	75	—0.00409	—0.0206	—0.0619	—0.1255	—0.2158	—0.3122
	90	—0.00	—0.0218	—0.0791	0.169	—0.2879	—0.4334

where U is the strain energy of the cantilever due to M and T neglecting the effect of Q.

Equations (30), (31) and (32) lead to:

$$\mu_o = \frac{1}{EI} \int_0^{\alpha} M_k \cos \Theta \,.\, R d\Theta + \frac{1}{EI} \int_0^{l_o} M_s \cos \alpha \, dz + \frac{1}{GJ} \,.\, \int_0^{\alpha} T_k \, (-\sin \Theta) \,.\, R \, d\Theta + \frac{1}{GJ} \int T_s \, (-\sin) \, dz.$$

From which, after integrating, μ_o is attained as:

$$\mu_o \, EI = M_o \, [\, R/2 \, \{ \alpha \, (1 + \gamma) + \frac{\sin 2\alpha}{2} (1-\gamma) + l_o \, \{ 1 - \sin^2 \alpha \; (\gamma - 1) \} \,] + w \, R^3 \, [\, (1+\gamma) \, (\sin \alpha - \alpha/2) + \frac{\sin 2\alpha}{4} (\gamma - 1) - \alpha \, \gamma \cos \alpha] + w \, [\, (l_o^2/2) \cos \alpha \, (l_o^2/3 + \alpha \, R) + R^2 \, l_o \, \{ \cos \alpha \, (1 - \cos \alpha) + \gamma \sin \alpha \, (\alpha - \sin \alpha) \, \} \,] \qquad (33)$$

Applying now this result, to find the statically unknown value of M_o in the centre section C of the fixed bow girder (Fig. 10), the summetry condition at section C:

$$\mu_o = 0$$

must be regarded; M_o is accordingly determined as:

$$M_o = w \, R^3 \, [\, (1 + \gamma) \, (\sin \alpha - \alpha/2) + \frac{\sin 2\alpha}{4} (\gamma - 1) - \alpha \, \gamma \cos \alpha \,] + w \, l_o \, [\, l_o/2 \cos \alpha \, (l_o/3 + \alpha \, R) + R^2 \, \{ \cos \alpha \, (1 - \cos \alpha) + \gamma \sin \alpha \,.\, (\alpha - \sin \alpha) \, \} \,] / [\, R/2 \, \{ \alpha \, (1 + \gamma) + \frac{\sin 2\alpha}{2} (1 - \gamma) + l_o \, \{ 1 - \sin^2 \alpha \,.\, (\gamma - 1) \, \} \,] \qquad (34)$$

Thus, internal forces can now be calculated at any section of the girder. These can be given for fixed ends A and B of the girder as:

$$M_A = M_B = M_o \cos \alpha + w \, R^2 \, (1 - \cos \alpha) + w \, \alpha \, R \, l_o + \frac{w \, l_o^2}{2}$$

$$T_A = - T_B = - M_o \sin \alpha - wR^2 \, (\alpha - \sin \alpha)$$

$$Q_A = - Q_B = - w \, (l_o + R \, \alpha)$$

and also for example at sections of connection D and E of the circular part of the girder with its straight part:

$$M_D = M_E = M_o \cos \alpha + wR^2 \, (1 - \cos \alpha)$$

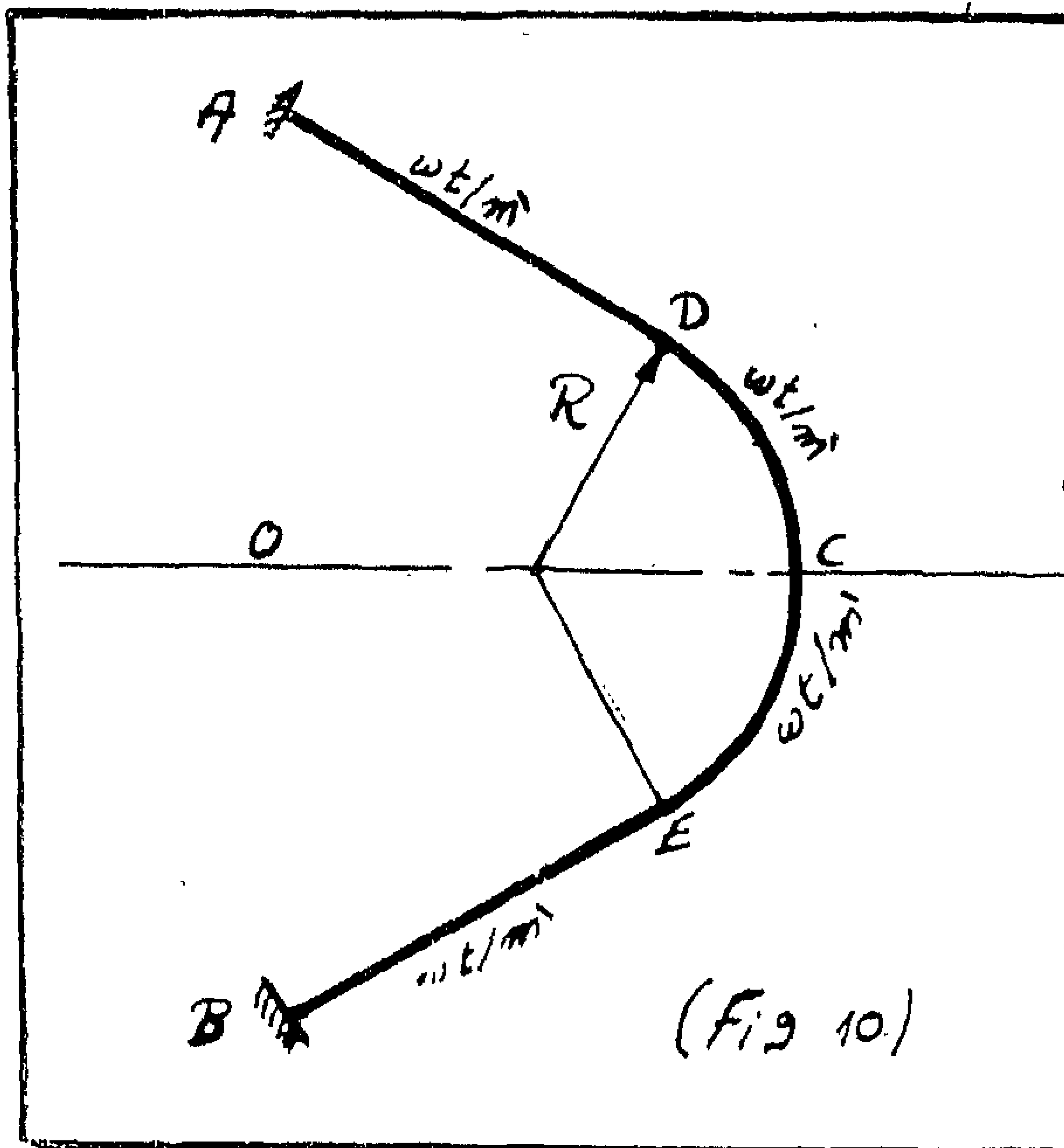
$$T_D = - T_E = - M_o \sin \alpha - w \, R^2 \, (\alpha - \sin \alpha)$$

$$Q_D = Q_E = - w \, R \, \alpha$$

The dimensionless coefficients $\frac{M}{w \, l_o^2}$ for the determination of bending moments M at section C, D, E, mid section ($l_o/2$) of the straight parts l_o, and at fixed ends A and B are given in tables 2 to 5 for the case of uniformly distributed loading w per unit length of the girder, regarding the sign conventions given before. In table 6, dimensionless coefficients $\frac{T}{w \, l_o^2}$ for the determination of torsional moments T are also given.

In all these tables, different shapes of the treated bow girders are considered, regarding different side ratios b/d of the girders rectangular cross sections, different ratios R/l_o and different angle 2α subtended by the circular part ranging from $2\alpha = 0$, which is the case of a totally straight girder of length $2 \, l_o$ up to $2\alpha = 180°$.

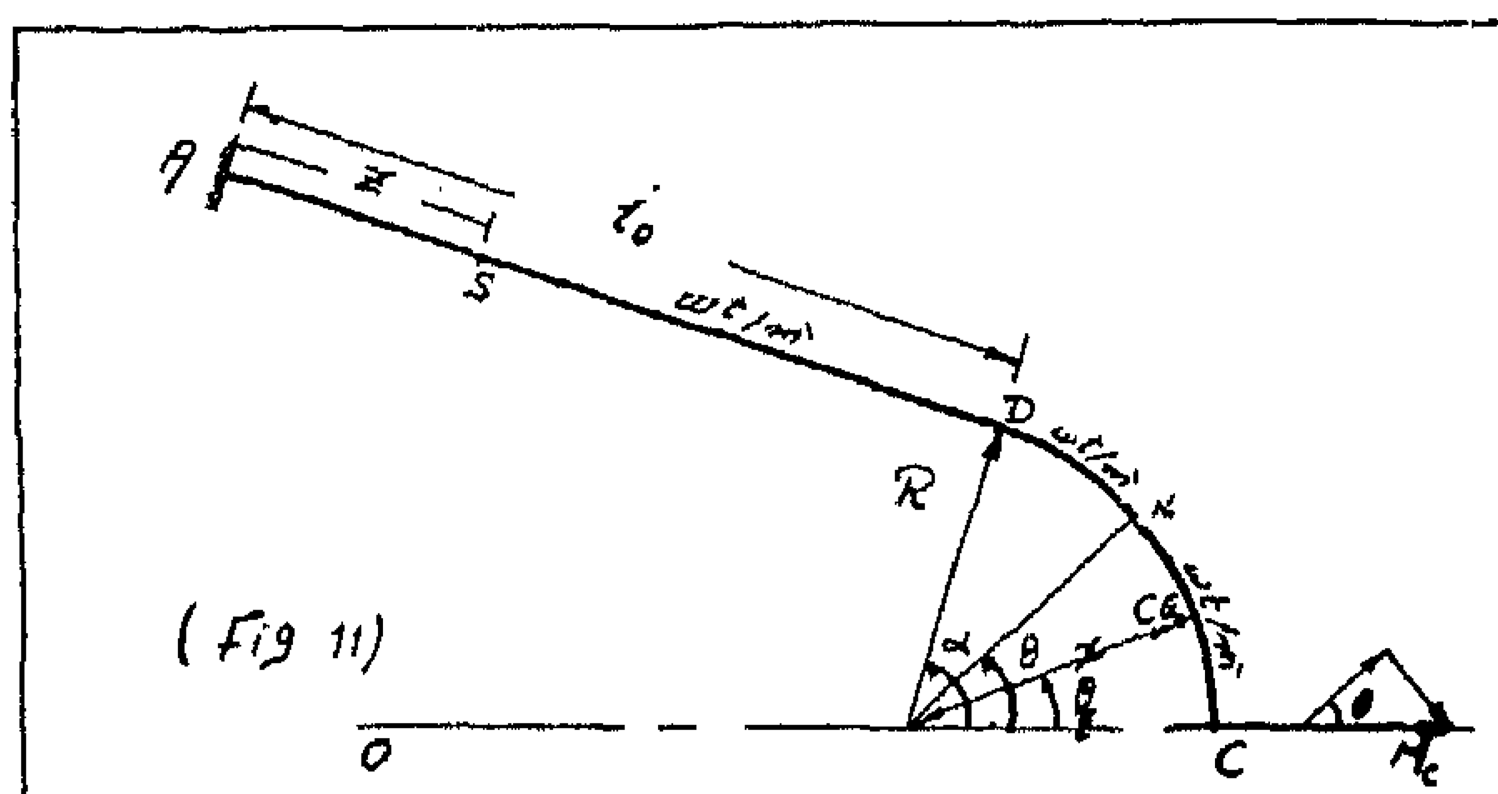
4. *The totally fixed circular Bow girder ending with straight parts under uniformly distributed load.*



The shown bow girder in fig. (10) is fixed at both ends, and covered with a uniformly distributed load of intensity w per unit length.

The symmetry conditions which are established by uniform loading and equal degree of total fixation at the ends "A" and "B", will prevent the section at mid point "C" from rotation, moreover the shear at this section will be equal to zero.

For the solution, it is convenient to consider the behaviour of a circular arc cantilever ending with straight part to obtain an expression for the angular movement of the end "C" in direction of M_0 as shown in fig. (11).



At any point K on the curved part of the cantilever at an angular distance Θ from OC, the length of the arc CK = $R\Theta$

where Θ is measured in radians.

In figure (11) also:

x = the distance of the CG of the circular arc CK

$$= \frac{R \sin \Theta/2}{\Theta/2}$$

and the arm for calculating the bending at "K" due to uniform loading on arc "CK" = x. sin $\Theta/2$.

Similarly the arm for calculating the torsional moment at "K" due to uniform loading on arc "CK" is:

$$R - x \cos \Theta/2 = R \left(1 - \frac{\sin \Theta}{\Theta}\right)$$

The equations of the resultant actions at point K on the curved part of the cantilever due to the uniform loading "w" and the end moment M_0 can be now put in the form:

$$M_k = M_o \cos \Theta + 2 w R^2 \sin \Theta/2$$
$$T_k = - M_o \sin \Theta - w R^2 \Theta - \sin \Theta \quad (30)$$
$$Q_k = w R \Theta$$

Similarly the equations of the resultant actions at any point "S" on the straight part of the cantilever are:

$$M_s = M_o \cos \alpha + 2 w R^2 \sin \alpha/2 + w R \alpha (l_o - z) - w \left(\frac{l_o - z}{2}\right)^2$$
$$T_s = - M_o \sin \alpha + w R^2 (\alpha - \sin\alpha) \quad (31)$$
$$Q_s = - w R \alpha - w (l_o - z)$$

At the free end section "C" of the cantilever, the angular movement μ_0 in the direction of M_0 is

$$\mu_o = \frac{\partial U}{\partial M_o} = \frac{1}{EI} \int M \frac{\partial M}{\partial M_o} ds + \frac{1}{GJ} \int T \frac{\partial T}{\partial M_o} ds \quad (32)$$

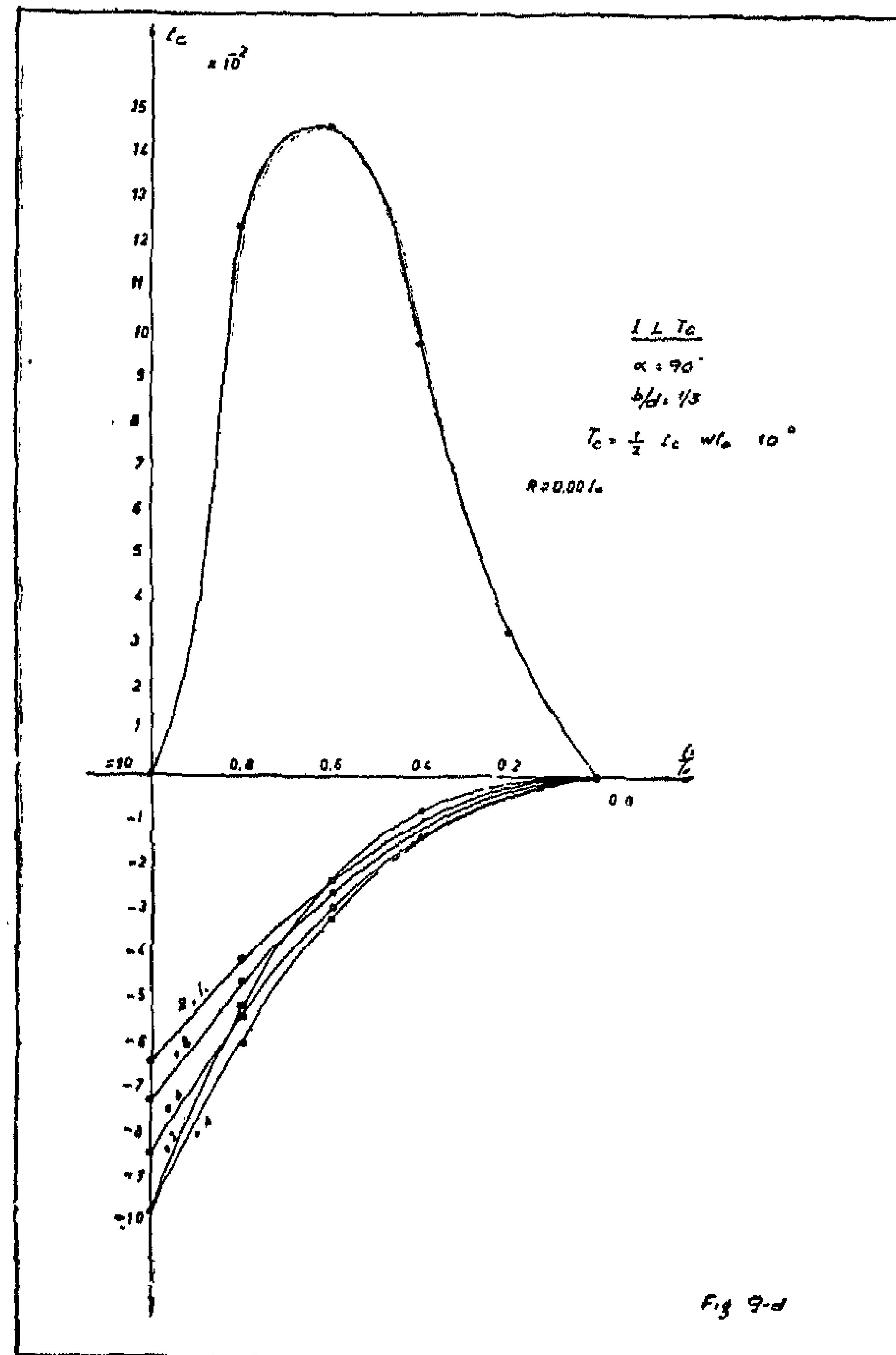


TABLE 1

b/d	1/2	1/3	1/4	
M_c	−1.220	—1.120	−1.072	mt
M_A	9.417	9.809	10.210	mt
M_B	5.608	5.267	4.890	mt
M_D	2.366	2.584	2.807	mt
M_E	2.659	2.492	2.292	mt
Q_C	0.295	0.277	0.260	t
Q_A	−0.705	—0.723	−0.740	t
Q_B	0.295	0.277	0.260	t
T_C	−0.721	—0.660	−0.579	mt
$T_A = T_D$	0.397	0.213	0.081	mt
$T_B = T_E$	0.385	0.393	0.358	mt

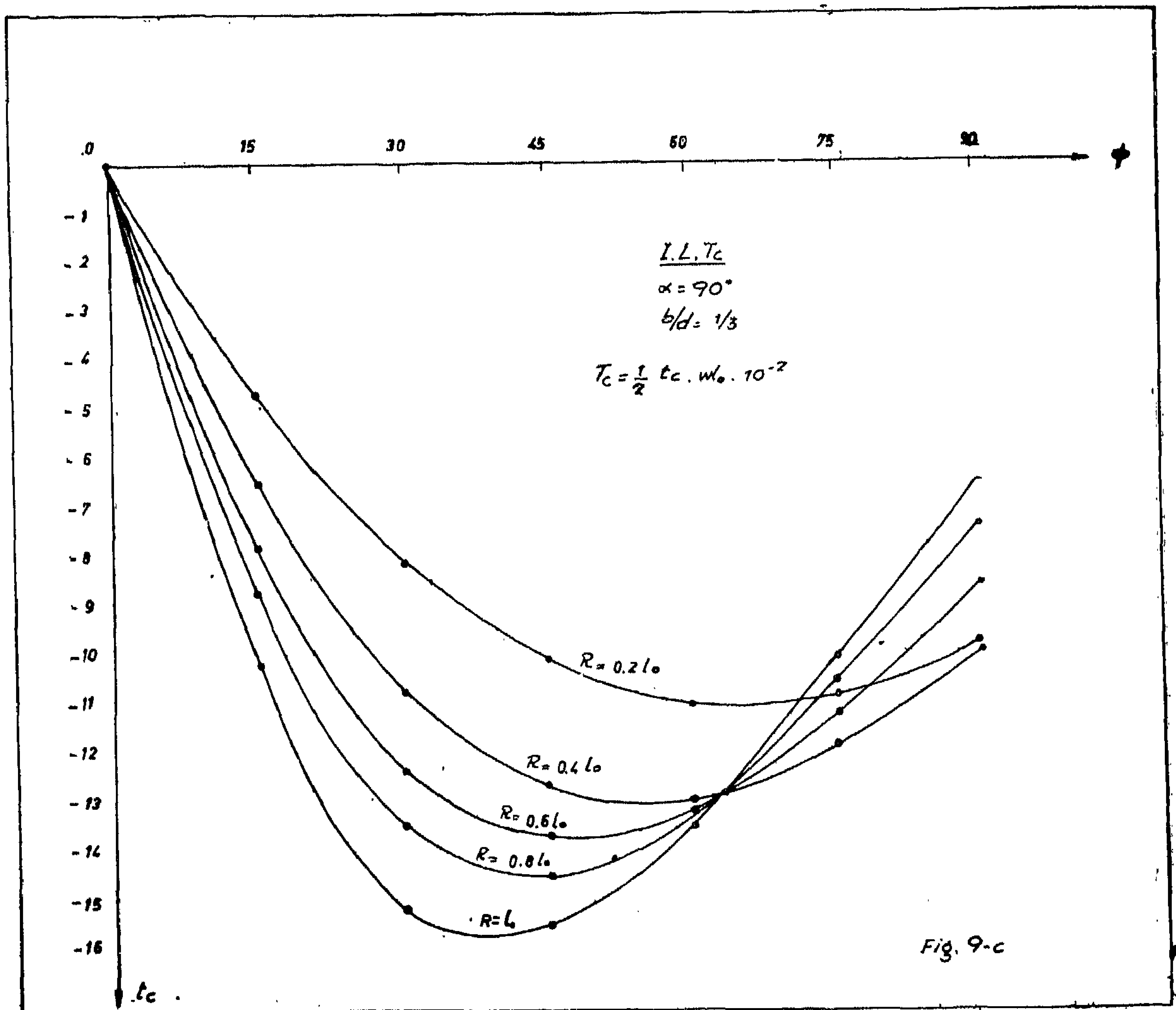


Fig. 9-c

In order to show the effect of variation of the section sides ratio $\frac{b}{d}$ on the internal forces, the results of a numerical application are next shown for the case of a bow girder with the following data :

Length of each of the straight parts = l_o = 10.00 m.

Raduis of the circular part $R = 0.8\ l_o$ = 8.00 m

Half the subtended angle by the circular part $\alpha = 75^\circ$

The bow girder will be assumed as subjected to a concentrated load $W = 1$ ton acting at an angle $\Phi = 30^\circ$ from the centre line.

The internal forces at mid-section C, at fixed ends A & B, and at points of tangency of the circular part to the straight parts D & E are evaluated in table 1 for different section sides ratios $b/d = \frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ and $\frac{1}{4}$, regarding the sign conventions indicated before.

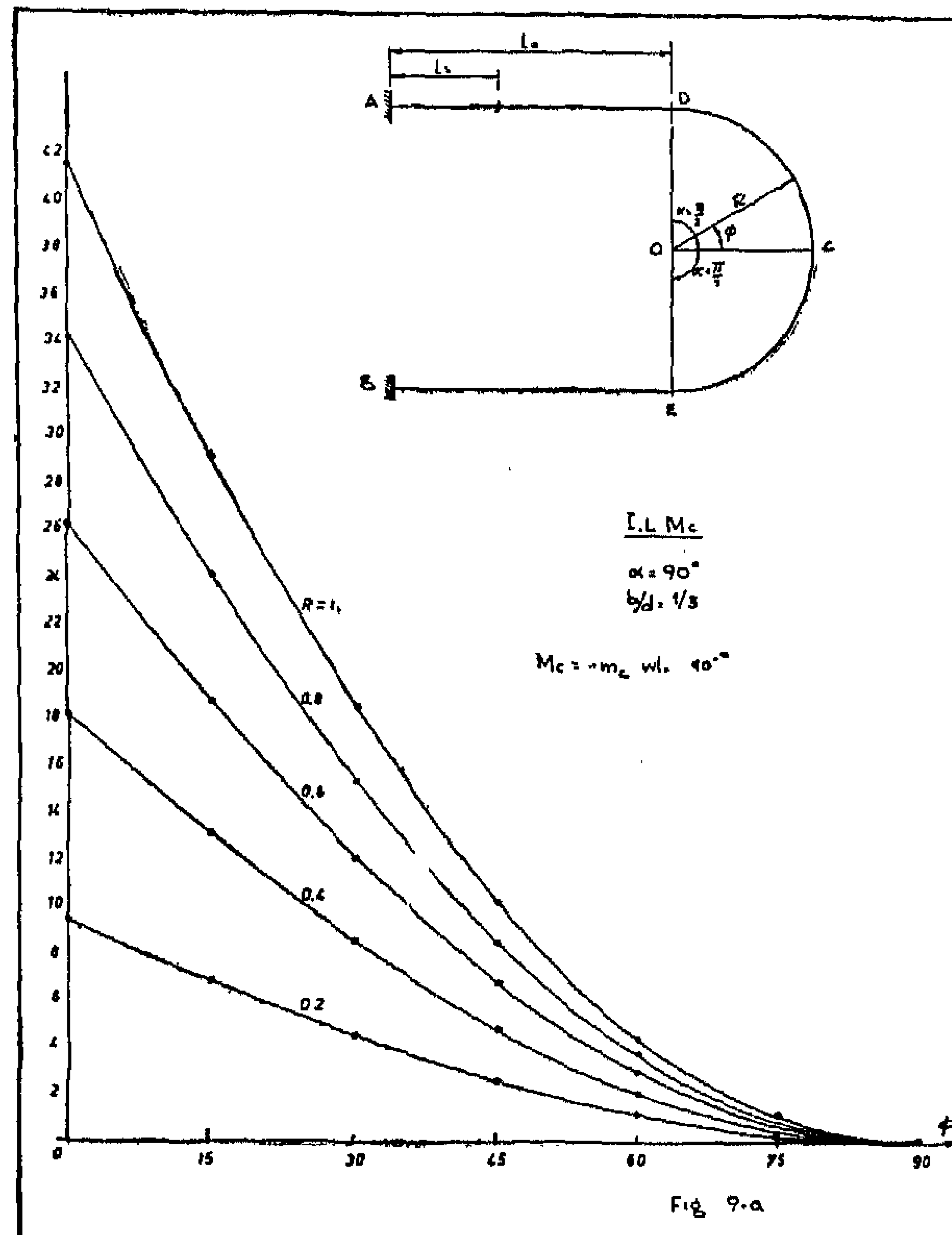

I.L Mc
α = 90°
b/d = 1/3
R=l₁
0.8
0.6
0.4
0.2
φ

Fig. 9-a

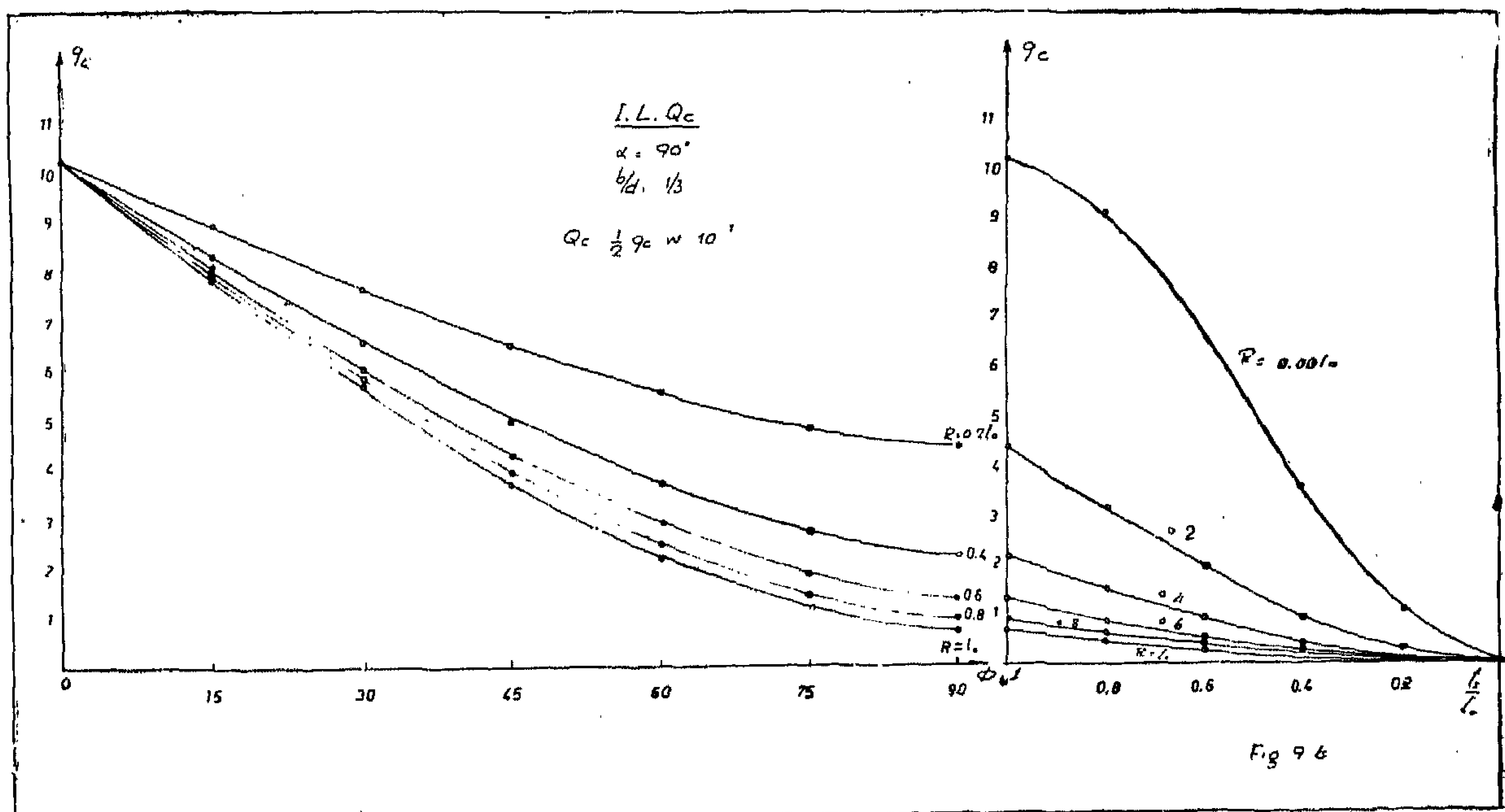

I. L. Qc
α = 90°
b/d = 1/3
qc
R = 0.001o
R = 0.2 lo
0.4
0.6
0.8
R = lo
φ

Fig. 9 b

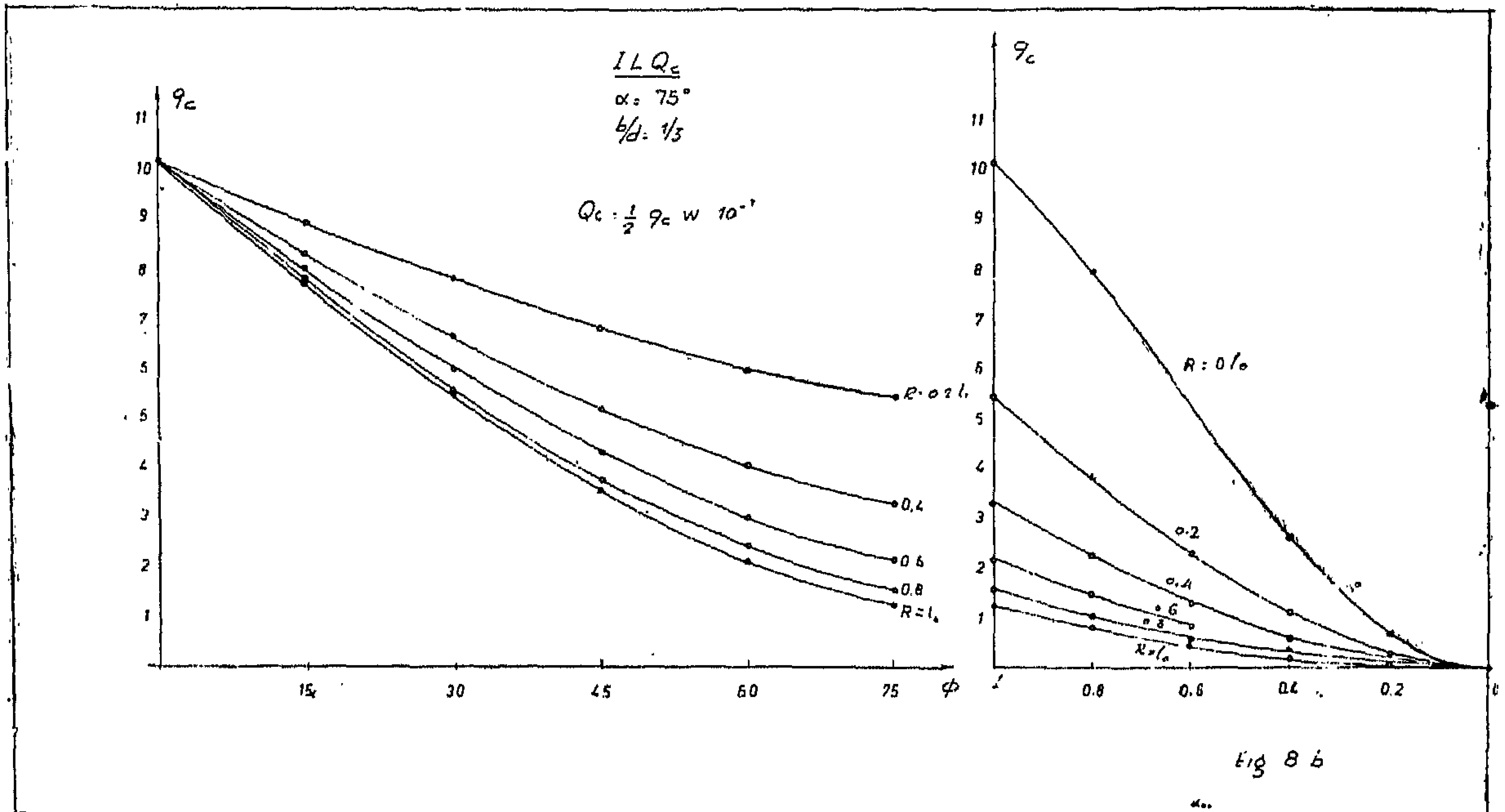

I L Q_c
α = 75°
b/d = 1/3
Q_c = 1/2 q_c w 10^-1
q_c
φ
R = 0.2 l_0
0.4
0.6
0.8
R = l_0
R : 0 l_0

Fig 8 b

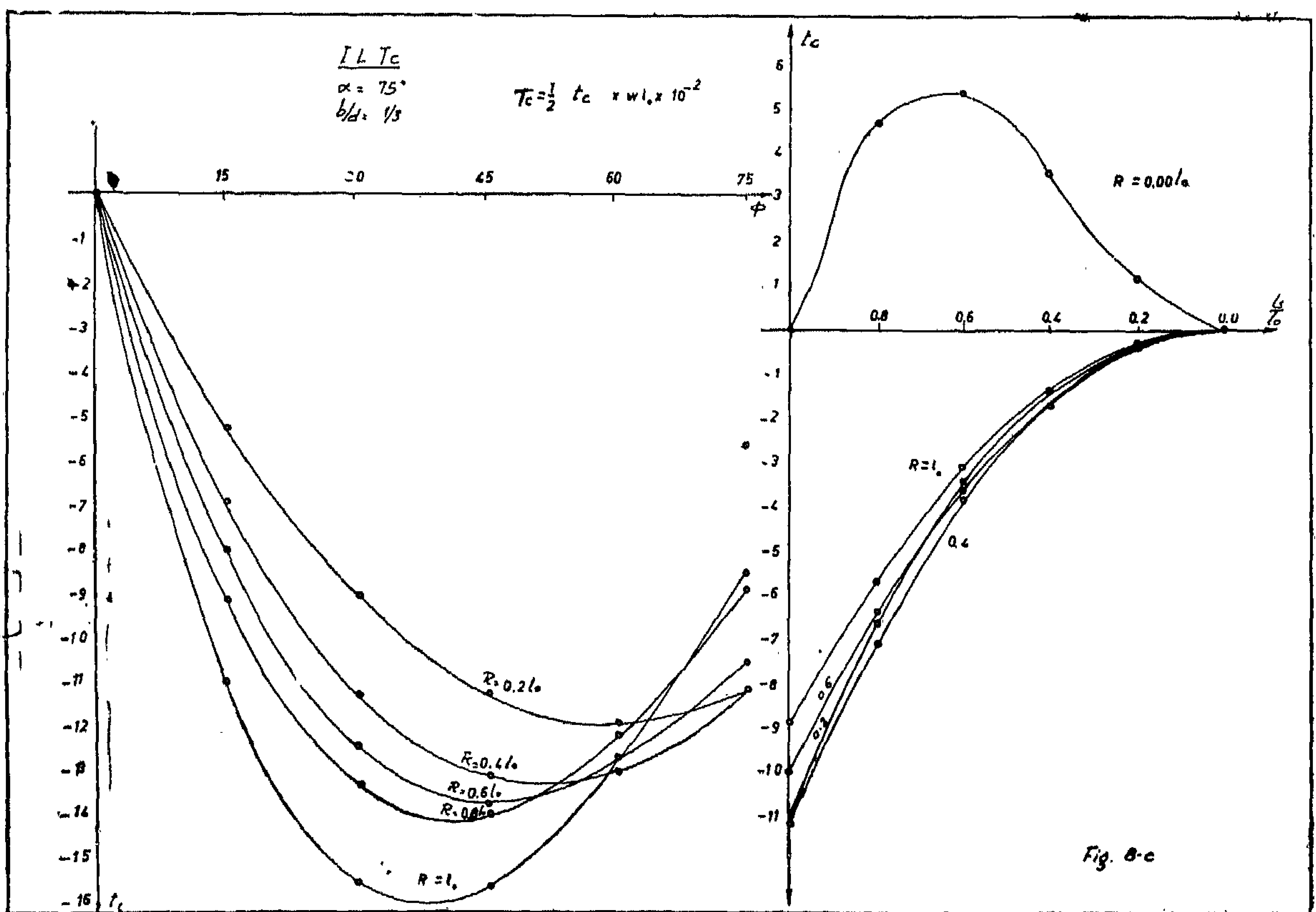
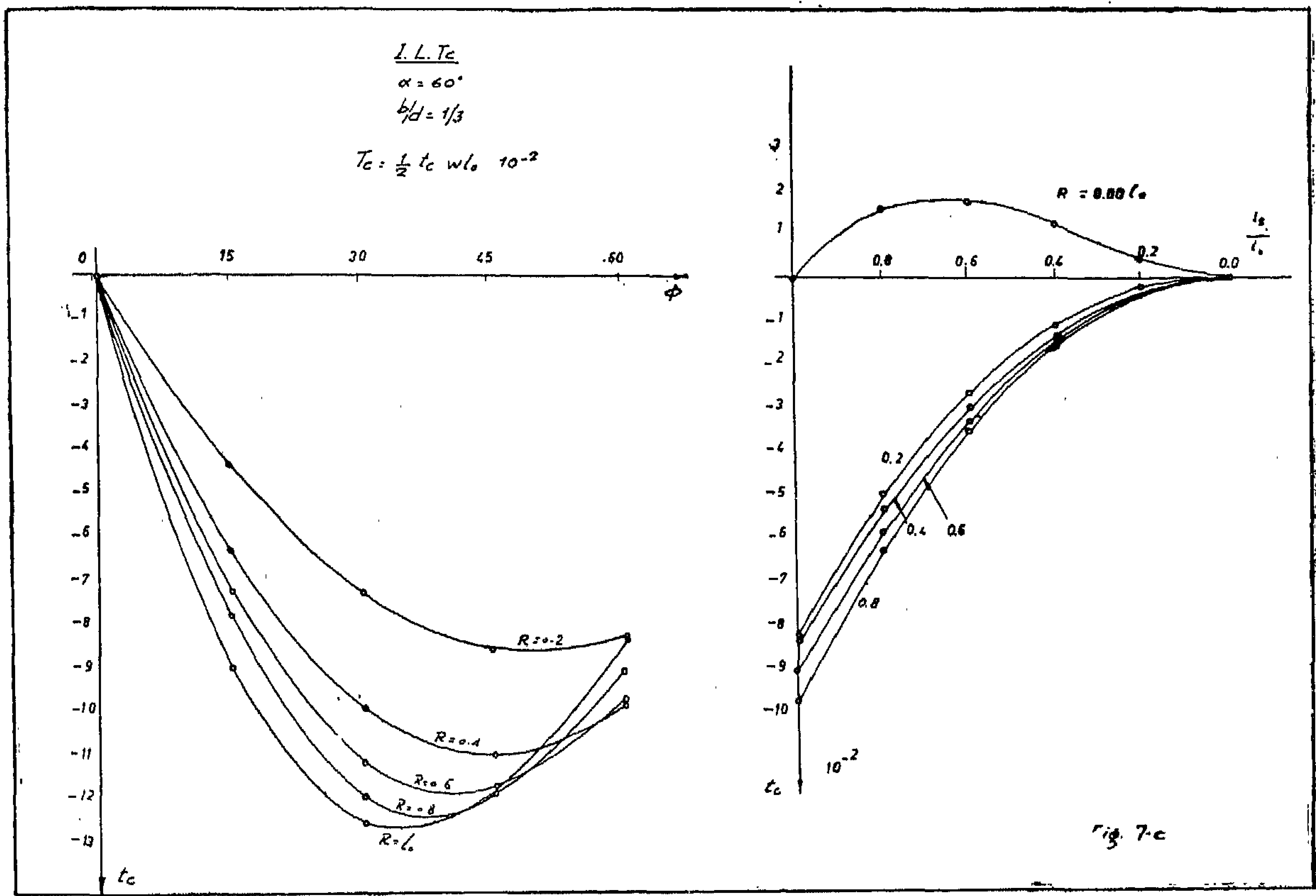
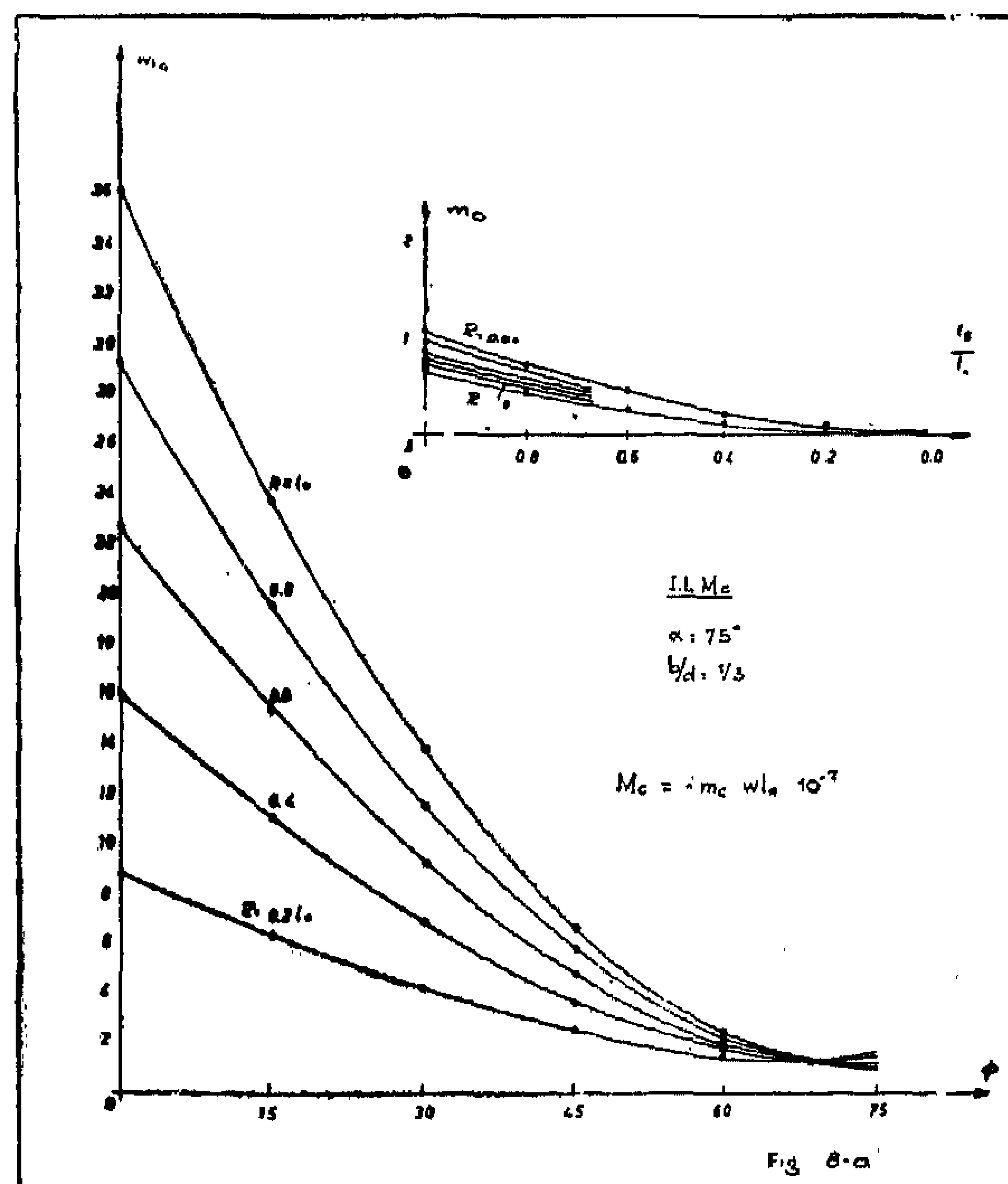

I L T_c
α = 75°
b/d = 1/3
T_c = 1/2 t_c x w l_0 x 10^-2
t_c
φ
R = 0.00 l_0
R = 0.2 l_0
R = 0.4 l_0
R = 0.6 l_0
R = 0.8 l_0
R = l_0

Fig. 8-c


I. L. Tc
α = 60°
b/d = 1/3
Tc = 1/2 tc wl₀ 10⁻²
R = 0.2
R = 0.4
R = 0.6
R = 0.8
R = l₀
tc
φ
R = 0.80 l₀
10⁻²
Fig. 7-c


I.L. Mc
α = 75°
b/d = 1/3
Mc = mc wl₀ 10⁻²
mc
Fig. 8-a

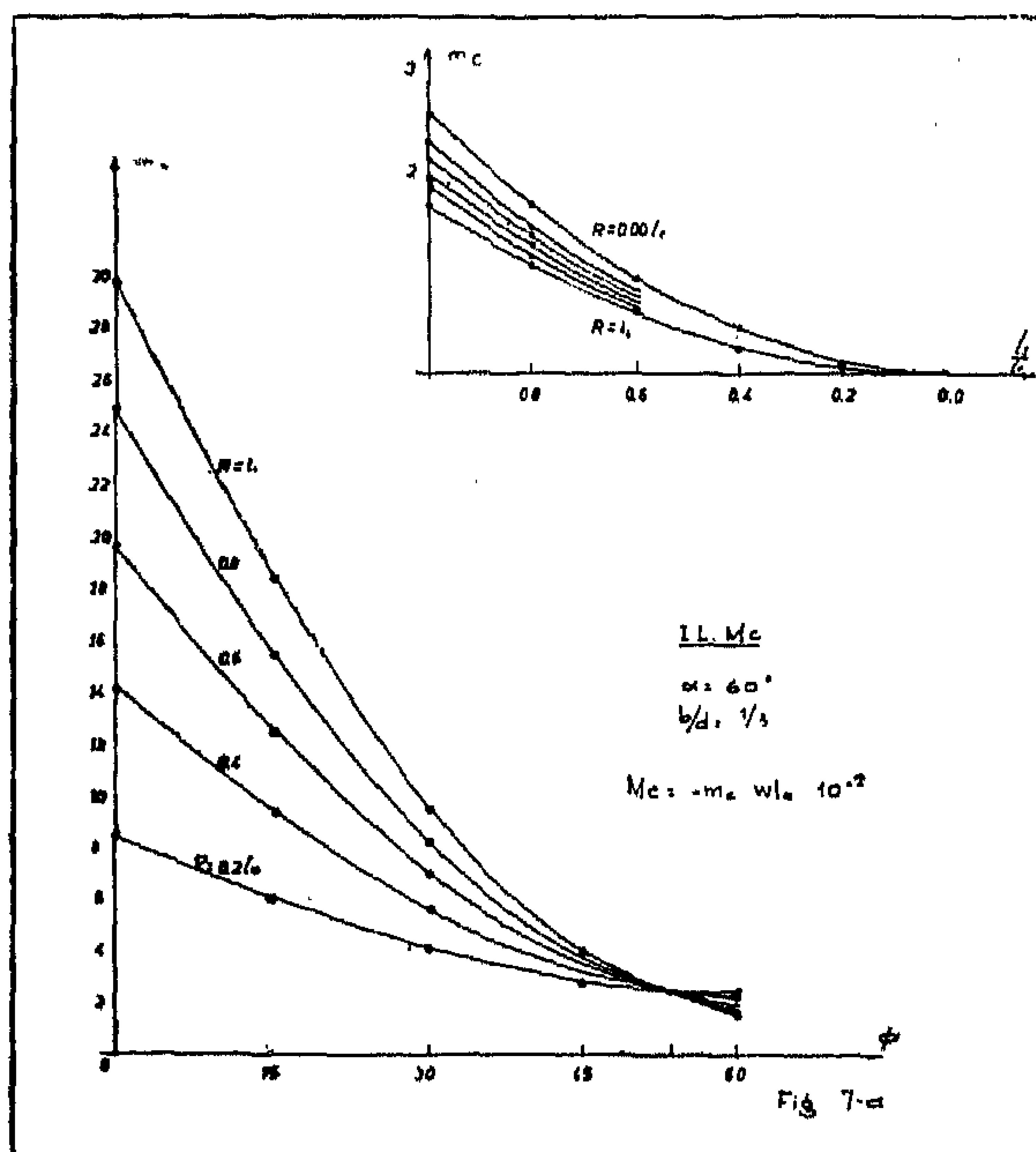

I.L. Mc
α = 60°
b/d = 1/3
Mc = -mc wl₀ 10⁻²
R = 0.00 l₀
R = l₀
φ
mc

Fig. 7-a

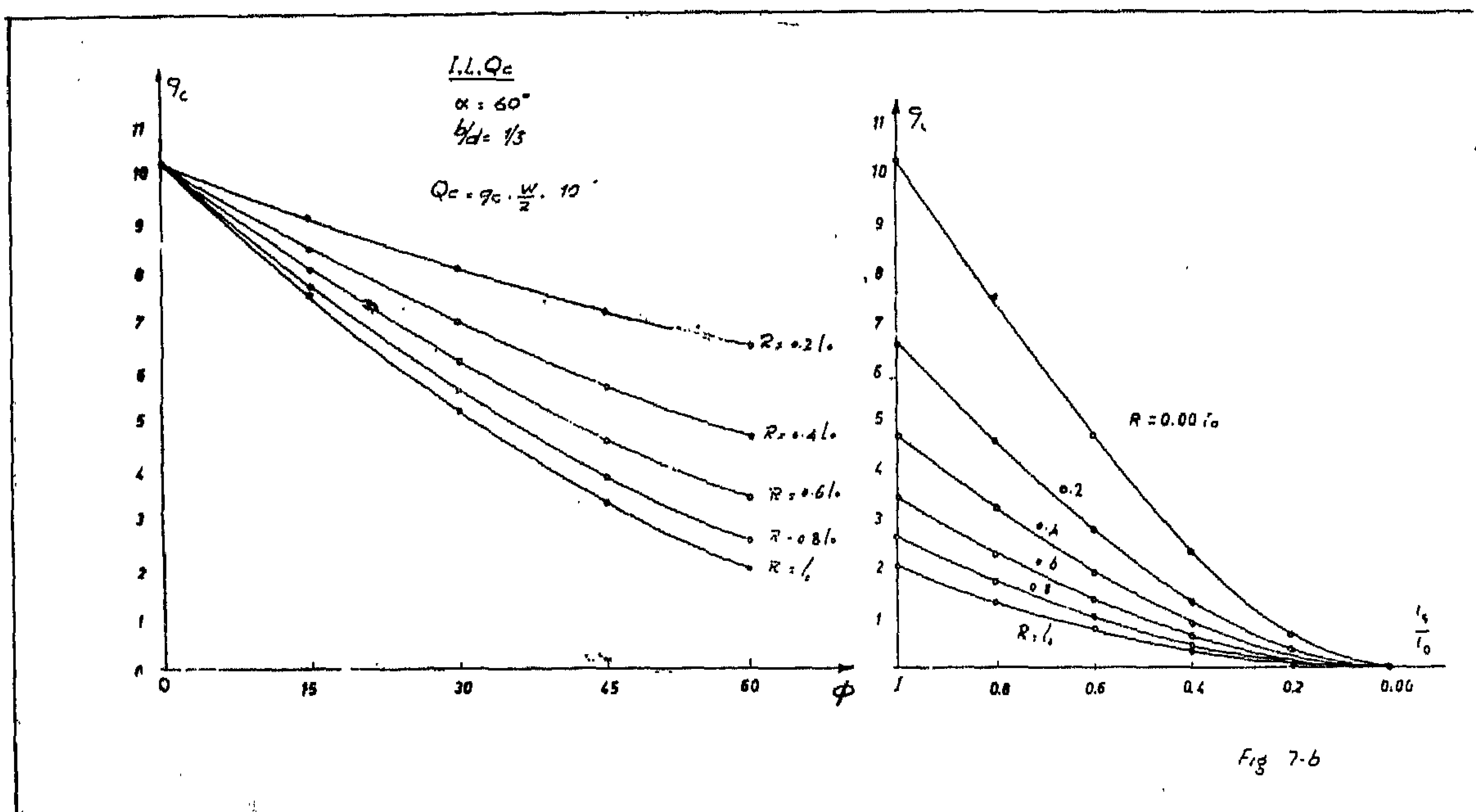
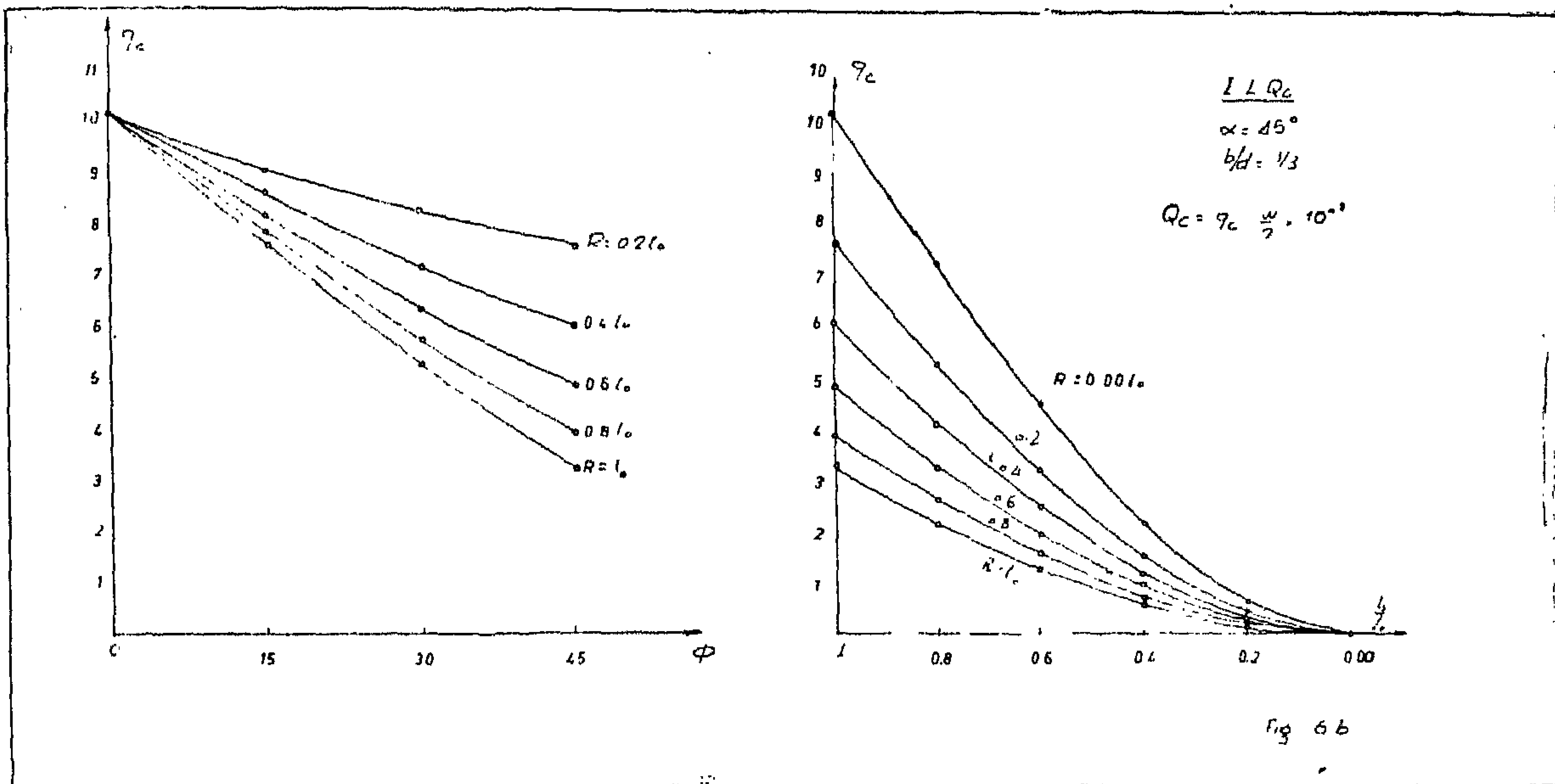
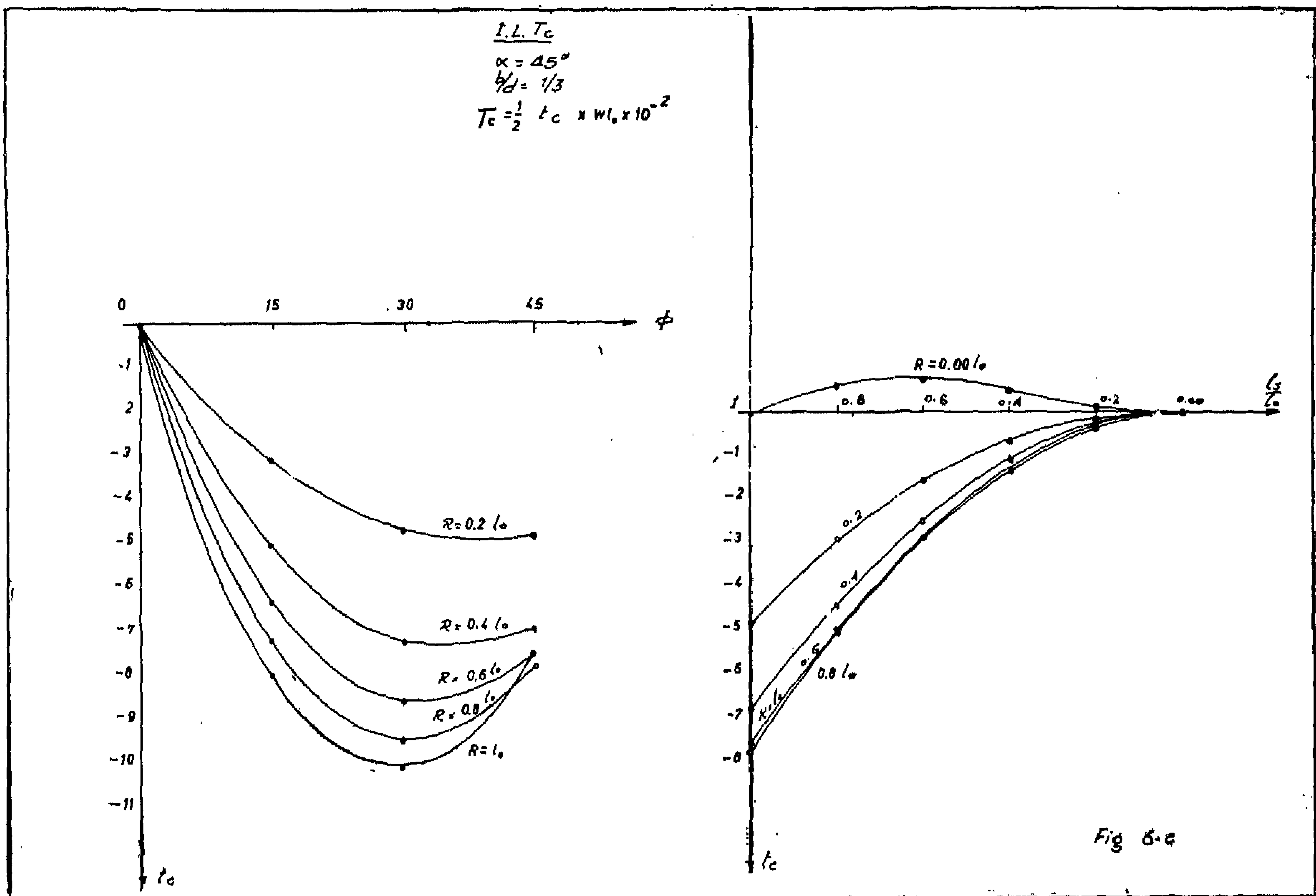

I.L.Qc
α = 60°
b/d = 1/3
Qc = qc · w/2 · 10
R = ·2 l₀
R = ·4 l₀
R = ·6 l₀
R = ·8 l₀
R = l₀
R = 0.00 l₀
φ
qc

Fig. 7-b


I L Qc
α = 45°
b/d = 1/3
Qc = qc w/2 . 10⁻²
R: 0.2 lo
0.4 lo
0.6 lo
0.8 lo
R = lo
R: 0.00 lo
Fig 6 b


I.L. Tc
α = 45°
b/d = 1/3
Tc = 1/2 tc x wlo x 10⁻²
R = 0.2 lo
R = 0.4 lo
R = 0.6 lo
R = 0.8 lo
R = lo
R = 0.00 lo
0.8 lo
Fig 6-c

ed for a certain bow girder subtending an angle 2α by the circular part for different values of $\alpha = 45°, 60°, 75°$ and $90°$. The influence lines groups are shown for different shapes of bow girders regarding also the ratios of R/l_o as 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0

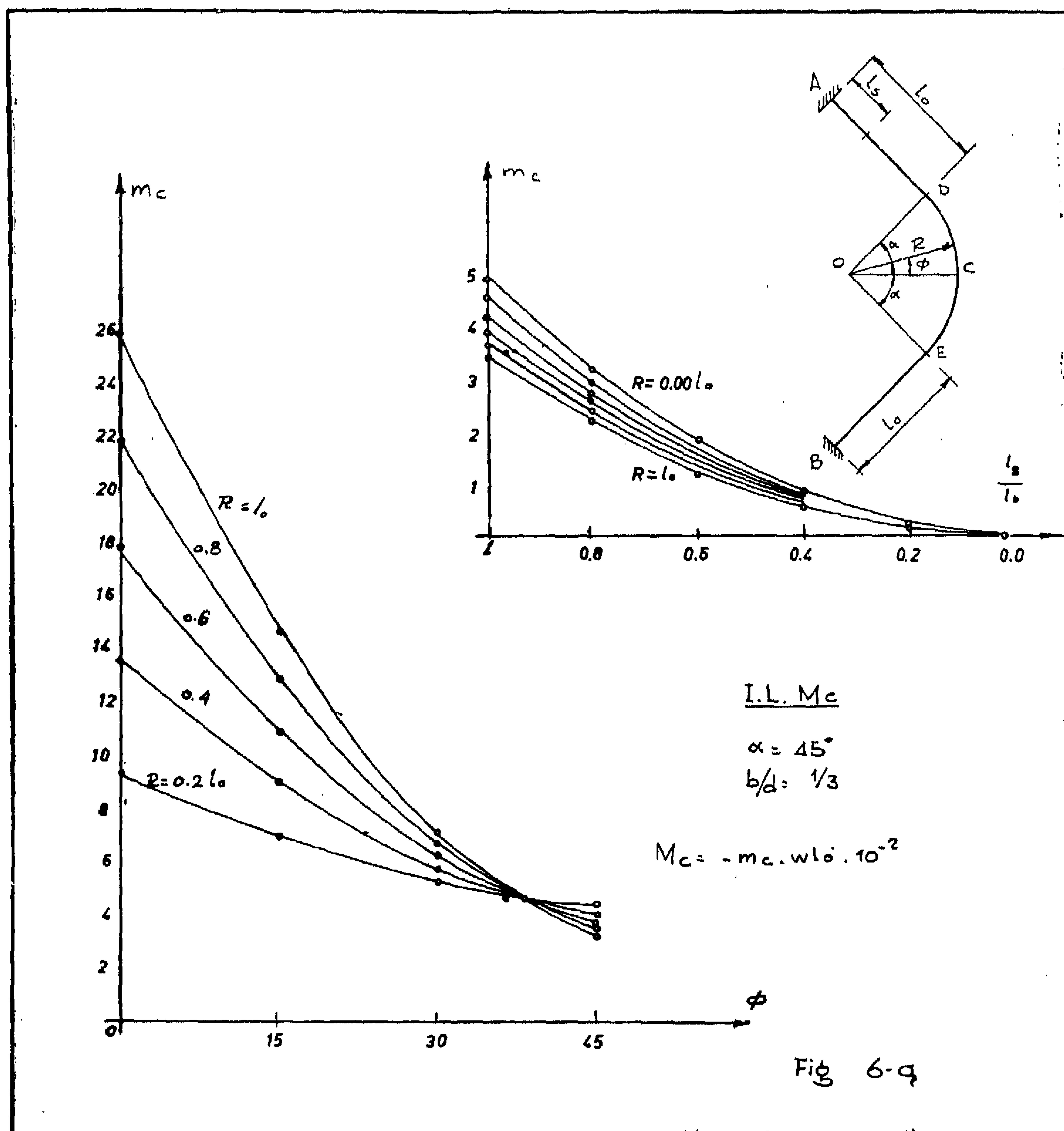


Fig 6-9

In the anti-symmetrical case, fig. (5c) ;

$$M_o = 0$$

also $\triangle_o = \tau_o = 0$

substituting these conditions in equations (19) and (20) then ;

$$T_o A_1 + Q_o B_1 + W D_1 = 0 \qquad (22)$$

$$T_o A_2 + Q_o B_2 - W D_2 = 0 \qquad (23)$$

where :

$$A_1 = \tfrac{1}{2} R \left\{ \alpha (1 + \gamma) + \frac{\sin 2\alpha}{2} (\gamma - 1) \right\} + l_o \left\{ 1 + \cos^2 \alpha (\gamma - 1) \right\}$$

$$B_1 = [R^2/2] [\sin \alpha \{ \cos \alpha - (\cos \alpha - 2) \gamma \} - \alpha (1 + \gamma)] - R l_o . [1 - \cos \alpha . \{ \cos \alpha + \gamma (1 - \cos \alpha) \}] - l_o^2/2 \sin \alpha$$

$$D_1 = l_s^2 \sin \alpha$$

and

$$A_2 = \gamma R (R \sin \alpha + l_o \cos \alpha) - \sin \alpha \, l_o^2/2$$

$$B_2 = l_o^2 (R/2 \sin \alpha + l_o/3) + \gamma R^2 \{ R (\alpha - \sin \alpha) + l_o (1 - \cos \alpha) \}$$

$$D_2 = l_s^2 (l_o - l_s/3)$$

T_o and Q_o can be now attained in the forms :

$$T_o = W \left(\frac{D_1 B_2 + D_2 B_1}{A_1 B_2 - B_1 A_2} \right) \qquad (24)$$

$$Q_o = W \left(\frac{D_1 A_2 + D_2 A_1}{B_1 A_2 - D_2 A_1} \right) \qquad (25)$$

The resultant actions at the girder fixed ends A are also represented as :

$$M_A = M_o \cos \alpha + 4 W l_s + T_o \sin \alpha - Q_o \{ l_o + R \sin \alpha \}$$

$$T_A = - M_o \sin \alpha + T_o \cos \alpha + Q_o R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_A = Q_o - 4 W \qquad (26)$$

and the resultant actions at B are :

$$M_B = M_o \cos \alpha - T_o \sin \alpha + Q_o \{ l_o + R \sin \alpha \}$$

$$T_B = M_o \sin \alpha + T_o \cos \alpha + Q_o R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_B = Q_o \qquad (27)$$

Similarly the internal forces at sections of connections D and E of the circular part of the girder with its straight parts can be attained as :

$$M_D = M_o \cos \alpha + T_o \sin \alpha - Q_o R \sin \alpha$$

$$T_D = - M_o \sin \alpha + T_o \cos \alpha + Q_o R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_D = Q_o \qquad (28)$$

and

$$M_E = M_o \cos \alpha - T_o \sin \alpha + Q_o R \sin \alpha$$

$$T_E = M_o \sin \alpha + T_o \cos \alpha + Q_o R (1 - \cos \alpha)$$

$$Q_E = Q_o \qquad (29)$$

3. *Influence lines of internal forces :*

Equations adopted in the previous two cases, enable the evaluation of the influence lines coefficients of the internal forces at the different bow girder sections. This is of a great practical advantage for the simplification of the design instead of the application of the given equations which needs relatively more effort and time for calculation.

The evaluation of the internal forces, being dependant on the shape of the bow girder section — as previously mentioned —, a group of influence lines of an internal force at a point for the same girder can be adopted depending on the different values of the dimensionless ratio $\gamma = EI/GJ'$ corresponding to the shape of the section.

In figures (6), (7), (8) and (9), groups of influence lines are adopted for the statically indeterminate redundants M_o, Q_o and T_o at the mid section "C" of the bow girder. The given curves are plotted for the case of reinforced concrete girders of rectangular cross section with breadth depth ratio $b/d = \frac{1}{3}$, which corresponds to $\gamma = 6.48$. The groups of curves (a, b, c and eventually d), shown in each of the mentioned figures represent the influence lines for the internal actions requir-

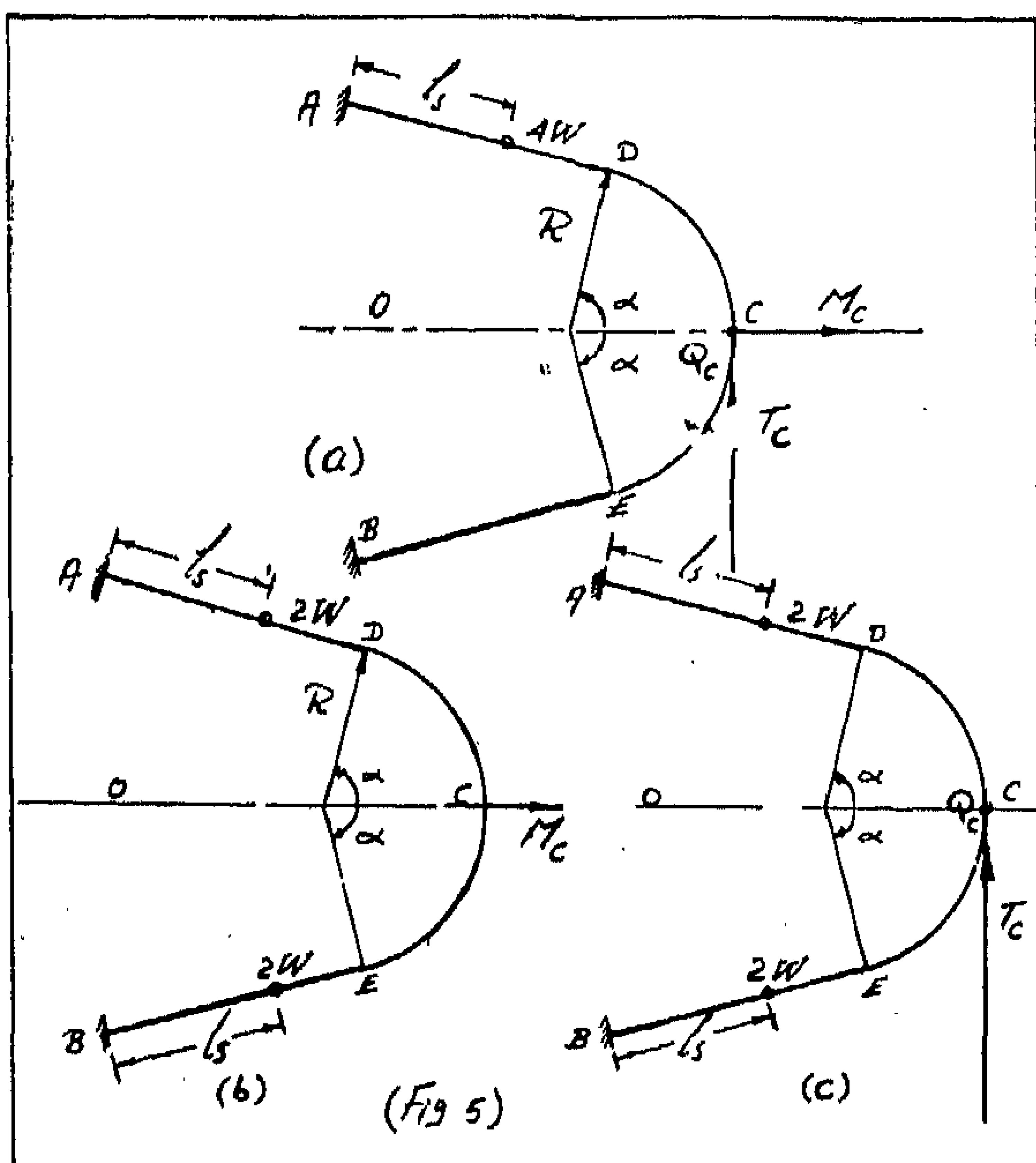
$$4\,\mu_o\,EI = M_o\,[\,2\,R\,\{\,\alpha\,(1+\gamma) + \frac{\sin 2\,\alpha}{2}\,(1-\gamma)\,\} + 4\,l_o\,\{\,1+\sin^2\alpha\,(\gamma-1)\,\}\,]$$
$$+ T_o\,[4\,(1-\gamma)\,(R/2\,\sin\alpha + l_o\cos\alpha)\,\sin\alpha] + Q_o\,[R^2\,\{\,(\cos 2\,\alpha - 1)$$
$$-\gamma\,(3 - 4\cos\alpha + \cos 2\,\alpha)\,\} - 4\,R\,l_o\sin\alpha\,\{\,\cos\alpha + \gamma\,(1-\cos\alpha)\,\}$$
$$- 2\,l_o^2\cos\alpha] + 4\,W\cos\alpha\,l_s^2 \qquad \ldots \qquad (18)$$

$$\tau_o\,EI = M_o\,[\,\sin\alpha\,(1-\gamma)\,(R/2\,\sin\alpha + l_o\cos\alpha)] + T_o\,[\,\tfrac{1}{2}\,R\,\{\,\alpha\,(1+\gamma)$$
$$+\frac{\sin 2\,\alpha}{2}\,(\gamma-1)\,\} + l_o\,\{\,1+\cos^2\alpha\,(\gamma-1)\,\}\,] +$$
$$+ Q_o\,[R^2/2\,\{\,\sin\alpha\cos\alpha - \sin\alpha\,(\cos\alpha - 2)\,\gamma - \alpha\,(1+\gamma)\,\}$$
$$- R\,l_o\,\{\,1-\cos^2\alpha - \gamma\cos\alpha\,(1-\cos\alpha)\,\} - \sin\alpha\,l_o^2/2\,] + W\sin\alpha\,l_s^2 \qquad (19)$$

and

$$EI\,(\triangle_o + R\,\tau_o) = M_o\,[\,R\,\gamma\,\{\,R\,(\cos\alpha - 1) - l_o\sin\alpha\,\} - \cos\alpha\,l_o^2/2\,]$$
$$+ T_o\,[\,\gamma\,R\,(R\sin\alpha + l_o\cos\alpha) - \sin\alpha\,l_o^2/2] + Q_o\,[l_o^2\,(R/2\,\sin\alpha + l_o/3)$$
$$+ \gamma\,R^2\,\{\,R\,(\alpha - \sin\alpha) + l_o\,(1-\cos\alpha)\,\}\,] - W\,l_s^2\,(l_o - l_s/3) \qquad (20)$$

b. *The totally fixed circular bow girder with straight ends :*



(Fig 5)

Fig. (5) shows such a girder with its circular part subtending an angle $2\,\alpha$ at the centre, and carrying a single concentrated load 4 W on the straight part at a distance "l_s" from the fixed end.

Similarly as before, an analysis may be made by a straight forward application of the method of superposition of a symmetrical and an antisymmetrical case of loading. These are dealt with separatly and the results are added algebrically to obtain the complete solution required.

In the symmetrical case of loading, fig. (5b) ;

$$T_o = Q_o = 0$$

and since there is no rotation at the centre section in the plane of action of M_c then,

$$\mu_o = 0$$

Substituting these conditions in equation (18) then,

$$M_o = \frac{-\,4\,W\,\mathrm{Cos}\,\alpha\,l_s^2}{2\,R\,\{\,\alpha\,(1+\gamma) + \frac{\sin 2\,\alpha}{2}\,(1-\gamma)\,\} + 4\,l_o\,\{\,1+\sin^2\alpha\,(\gamma-1)\,\}} \qquad (21)$$

From which T_c and Q_c can be put in the form:

$$T_c = 2 W . \frac{D_2B_1 - 2 D_1 B_2}{A_1B_2 - B_1A_2} \quad (12)$$

$$Q_c = 2 W . \frac{D_2A_1 - 2 D_1A_2}{B_1A_2 - B_2A_1} \quad (13)$$

Thus M_c, T_c and Q_c obtained from equations (9), (12) & (13) represent finally the required redandants at section "C".

The resultant actions at the girder fixed ends "A" and "B" can be now simply attained either regarding directly the actual acting loading (fig. 3a), or by superposition of the two equivalent cases of symmetrical and anti-symmetrical loadings.

These are attained as :

$$M_A = M_c \cos\alpha + 4 W \{ l_o + R \sin(\alpha - \Phi) \} + T_c \sin\alpha - Q_c \{ l_o + R \sin\alpha \}$$

$$T_A = - M_c \sin\alpha + T_c \cos\alpha - 4 WR \{ 1 - \cos(\alpha - \Phi) \} + Q_c R (1 - \cos\alpha)$$

$$Q_A = Q_c - 4 W \quad \dots \quad (14)$$

and

$$M_B = M_c \cos\alpha - T_c \sin\alpha + Q_c \{ l_o + R \sin\alpha \}$$

$$T_B = M_c \sin\alpha + T_c \cos\alpha + Q_c R (1 - \cos\alpha)$$

$$Q_B = Q_c \quad (15)$$

Similarly the internal forces at sections of connection D and E of the circular part of the girder with its straight parts, can be expressed as :

$$M_D = M_c \cos\alpha + WR \sin\alpha - \Phi) + T_c \sin\alpha - Q_c R \sin\alpha$$

$$T_D = - M_c \sin\alpha - 4 WR \{ 1 - \cos(\alpha - \Phi) + T_c \cos\alpha + Q_c R (1 - \cos\alpha)$$

$$Q_D = Q_c - 4 W \quad (16)$$

and

$$M_E = M_c \cos\alpha - T_c \sin\alpha + Q_c R \sin\alpha$$

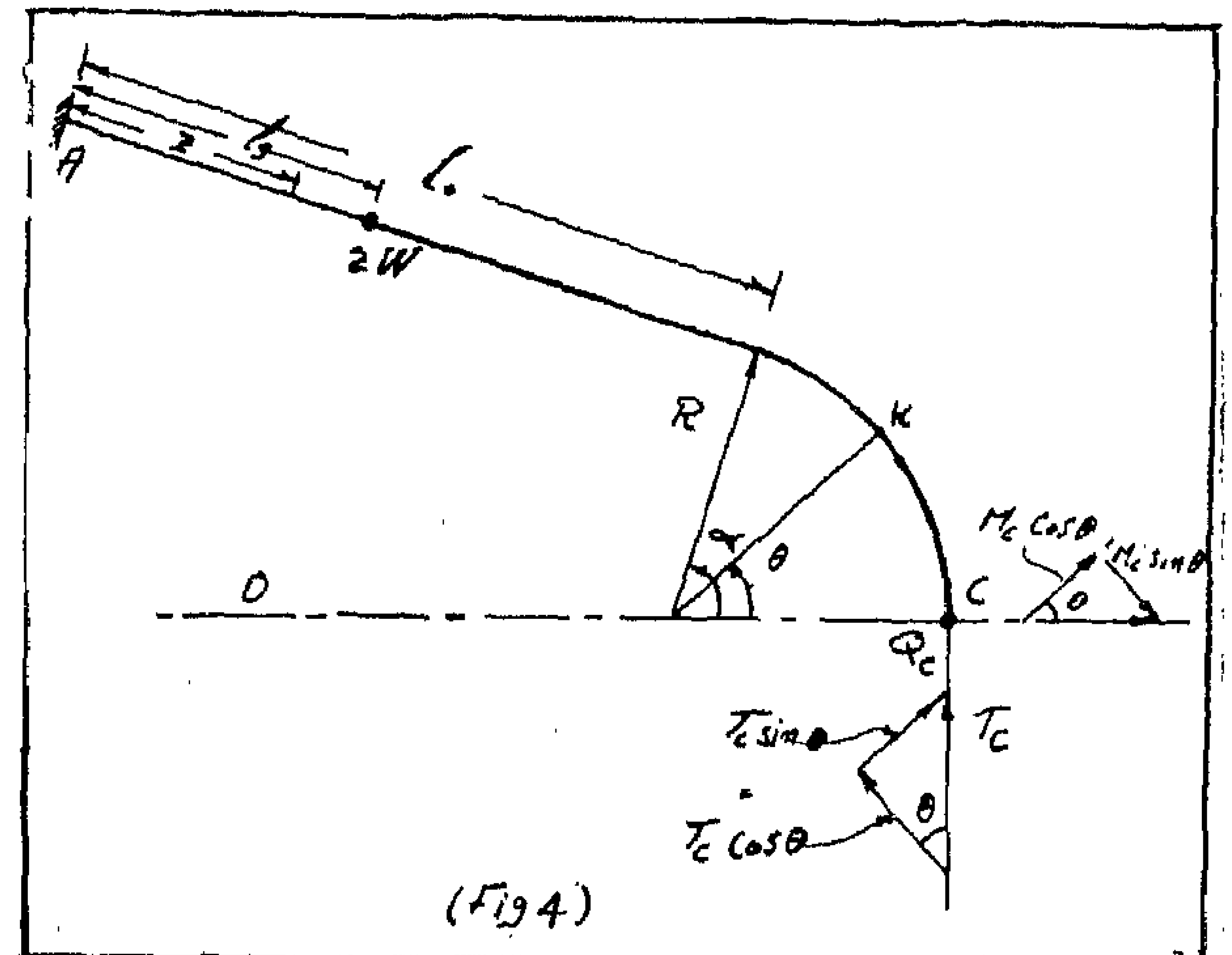
$$T_E = M_c \sin\alpha + T_c \cos\alpha + Q_c R (1 - \cos\alpha)$$

$$Q_E = Q_c \quad (17)$$

2. *The circular bow girder tangential to two straight parts and fixed at their ends under a concentrated load on the straight part of the girder :*

Similarly, the solution is carried out here in two steps ; namely calculating the deformations of the main system and then applying these to the final solution as follows :

a. *Deformations of the free end of the circular are cantilever ending with straight part :*



The shown cantilever in (fig. 4) carries a load 2 W acting downwards at a distance l_s from the fixed end, while the free end "C" of the girder is subjected to a bending moment M_c, a torsional moment T_c and an upward vertical force Q_c.

Proceeding in the same way as before (case 1-a), the following results, in which $\gamma = \frac{EI}{GJ}$, represent the equations for the deformations at the free end of the cantilever :

3c). These are dealt with separatly and the results are added algebrically to obtain the complete solution required.

In the symmetrical system, fig. (3b), two equal loads 2W each, are considered acting downwards at the same distance Φ from the centre line OC. Due to symmetry the resultant actions at the mid-section "C" reduce simply to a bending moment M_C. Both the torsional moment T_C and the shearing force Q_C at section "C" in this case are Zero. In the antisymmetrical system, fig. (3C), a load 2W is considered acting downwards on the part CA of the girder at an angular distance Φ from OC; while at the same time an upward load 2W is considered acting on the part CB at the same distance Φ from OC. In this case, the mid section "C" will be totally free from bending moment and only will be subjected to a torsional moment T_C and a shearing force Q_C.

Considering now the symmetrical case, (fig. 3b), no rotation can happen at the centre section in the plane of action of M_C.

Thus $\mu_C = 0$, furthermore $T_C = Q_C = 0$.

substituting these conditions in equation (6), the bending moment M_c is thus obtained as:

$$M_c = -4\,W\,[\,R^2\,\{\sin\alpha\,.\,\sin(\alpha-\Phi)\,(1-\gamma) - \sin\Phi\,(\alpha-\Phi)\,(1+\gamma)$$
$$= \gamma\,(2\cos\Phi - 2\cos\alpha)\,\} + 2\,l_0\,R\cos\alpha\,.\,\sin(\alpha-\Phi) + l_0^2\cos\alpha$$
$$+\,2\,R\,l_0\,\gamma\sin\alpha\,\{\,1-\cos(\alpha-\Phi)\,\}\,]\,/[R\,\{\sin 2\alpha\,(1-\gamma) + 2\,\alpha\,(1+\gamma)\,\}$$
$$+\,4\,l_0\,\{\,1-\sin^2\alpha\,(1-\gamma)\,\}\,] \quad \ldots \quad (9)$$

In the anti-symmetrical case, (fig. 3C), there is neither rotation in the direction of torsion at the centre section of the girder nor vertical displacement at the same section; thus;

$T_c = \triangle_c = 0$ and furthermore $M_c = 0$

substituting these conditions in equations (7) and (8), then:

$$T_cA_1 + Q_cB_1 + 4\,WD_1 = 0 \quad \ldots \quad (10)$$

and $$T_cA_2 + Q_cB_2 + 2\,WD_2 = 0 \quad \ldots \quad (11)$$

where $A_1 = R\,\{\,2\,\alpha\,(\gamma+1) + \sin 2\alpha\,(\gamma-1)\,\} + 4\,l_0\,\{\,1+\cos^2\alpha\,(\gamma-1)\,\}$

$$B_1 = R^2\,\{\,(\gamma-1)\,(2\,\alpha - \sin 2\,\alpha) - 4\,\gamma\,(\alpha - \sin\alpha) - 2\,l_0\,\{\,l_0\sin\alpha$$
$$+\,2\,R\sin^2\alpha - 2\,\gamma\cos\alpha\,(1-\cos\alpha)\,.\,R\}$$

$$D_1 = R^2\,[\cos\Phi\,.\,(\alpha-\Phi) - \cos\alpha\,.\,\sin(\alpha-\Phi) - \gamma\,\{\,2\sin\alpha$$
$$-2\sin\Phi - (\alpha-\Phi)\cos\Phi - \cos\alpha\,\sin(\alpha-\Phi)\,\}\,] + l_0\,.$$
$$.\,[\,2\,R\sin\alpha\,.\,\sin(\alpha-\Phi) + l_0\sin\alpha - \{\,1-\cos(\alpha-\Phi)\,\}$$
$$.\,2\,R\,\gamma\cos\alpha].$$

and

$$A_2 = R\,\gamma\,\{\,R\sin\alpha + l_0\cos\,\} - \sin\alpha\,l_0^2/2$$
$$B_2 = l_0^2\,.\,\{\,R/2\sin\alpha + l_0/3\,\} + R^2\,\gamma\,\{\,R\,(\alpha - \sin\alpha) + l_0\,(1-\cos\alpha)$$
$$D_2 = l_0^2\,\{\,-\,l_0/3 - R/2\sin(\alpha-\Phi) - \gamma\,R^2\,[R\,(\alpha-\Phi) - R\sin(\alpha-\Phi)$$
$$+\,l_0\,\{\,1-\cos(\alpha-\Phi)\,\}\,]$$

$$. (\gamma - 1) - 4\gamma (1 - \cos\alpha) - 4\gamma R\, l_0 \sin\alpha\, (1 - \cos\alpha) -$$
$$- 2\, l_0 \{ l_0 \cos\alpha + R \sin 2\alpha + 4W\ [R^2 \{ \sin\alpha \sin(\alpha - \Phi) -$$
$$\sin\Phi\, .\, (\alpha - \Phi) \} + \gamma R^2 \{ 2\cos\Phi - 2\cos\alpha - \sin\alpha\, .\, \sin(\alpha - \Phi)$$
$$- \sin\Phi\, .\, (\alpha - \Phi) \} + 2\, l_0 R \cos\alpha\, .\, \sin(\alpha - \Phi) + l_0^2 \cos\alpha +$$
$$+ 2 R\, l_0\, \gamma \sin\alpha \{ 1 - \cos(\alpha - \Phi) \}] \quad \dots \quad (6)$$

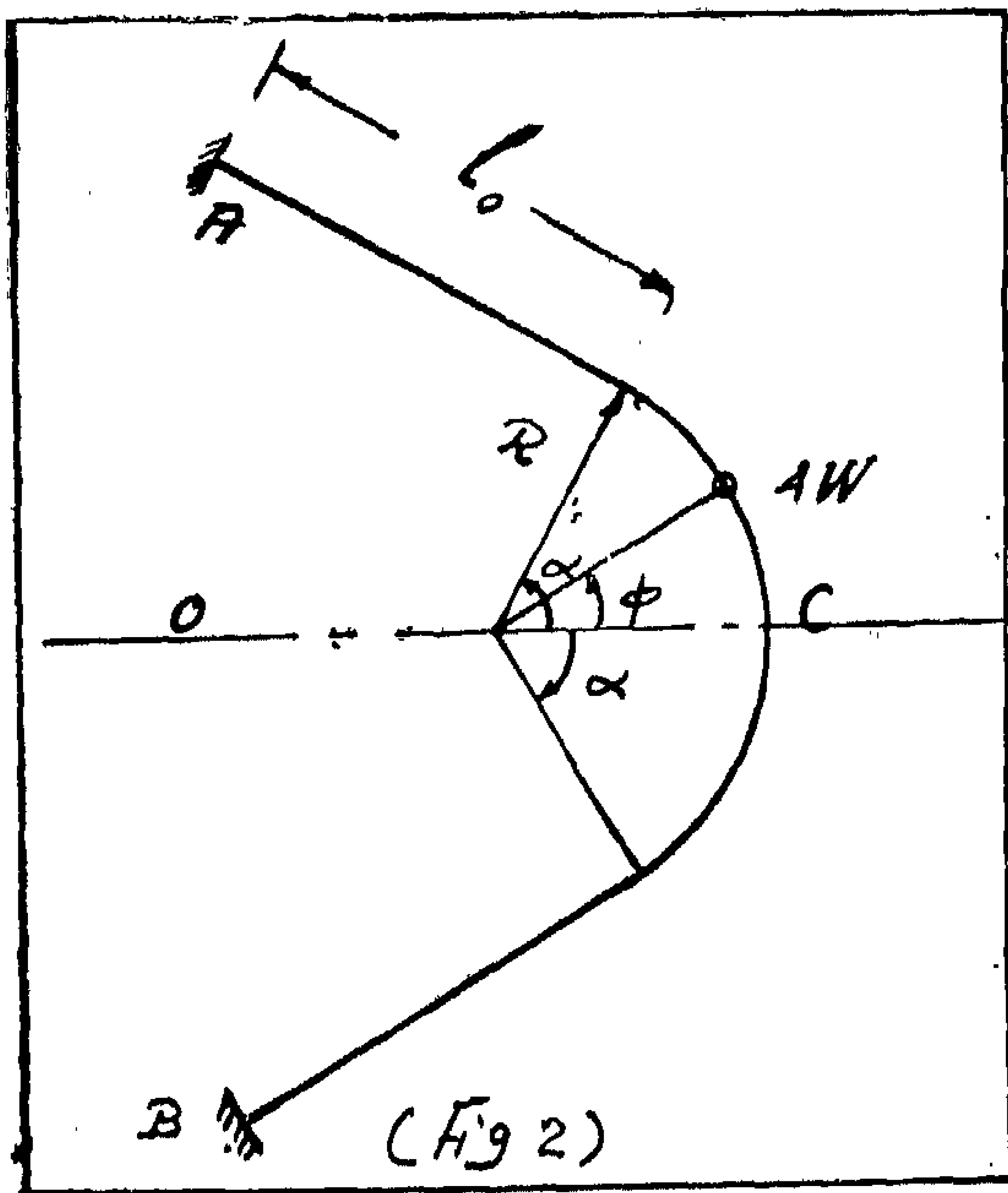
$$4EI\, \tau_c = M_c (\gamma - 1) \{ R (\cos 2\alpha - 1) - 2\, l_0 \sin 2\alpha \} + T_c [R \{ 2\alpha (\gamma + 1)$$
$$+ \sin 2\alpha (\gamma - 1) \} + 4\, l_0 \{ 1 + \cos^2\alpha\ (\gamma - 1) \}] + Q_c [R^2 \{ (\gamma - 1)\, .$$
$$(2\alpha - \sin 2\alpha) - 4\gamma (\alpha - \sin\alpha) \} - 2\, l_0 \{ l_0 \sin\alpha + 2 R \sin^2\alpha$$
$$- 2\gamma R \cos\alpha (1 - \cos\alpha) \}] + 4W\ [R^2 \{ \cos\Phi\, .\, (\alpha - \Phi) - \cos\alpha \sin(\alpha - \Phi) \}$$
$$- \gamma R^2 \{ 2\sin\alpha - 2\sin\Phi - (\alpha - \Phi) \cos\Phi - \cos\alpha\, .\, \sin(\alpha - \Phi) \}$$
$$+ l_0 \{ 2 R \sin\alpha\, .\, \sin(\alpha - \Phi) + l_0 \sin\alpha \} - 2 R\, l_0\, \gamma\, .\, \cos\alpha \{ 1 - \cos(\alpha - \Phi) \}] \quad (7)$$

and

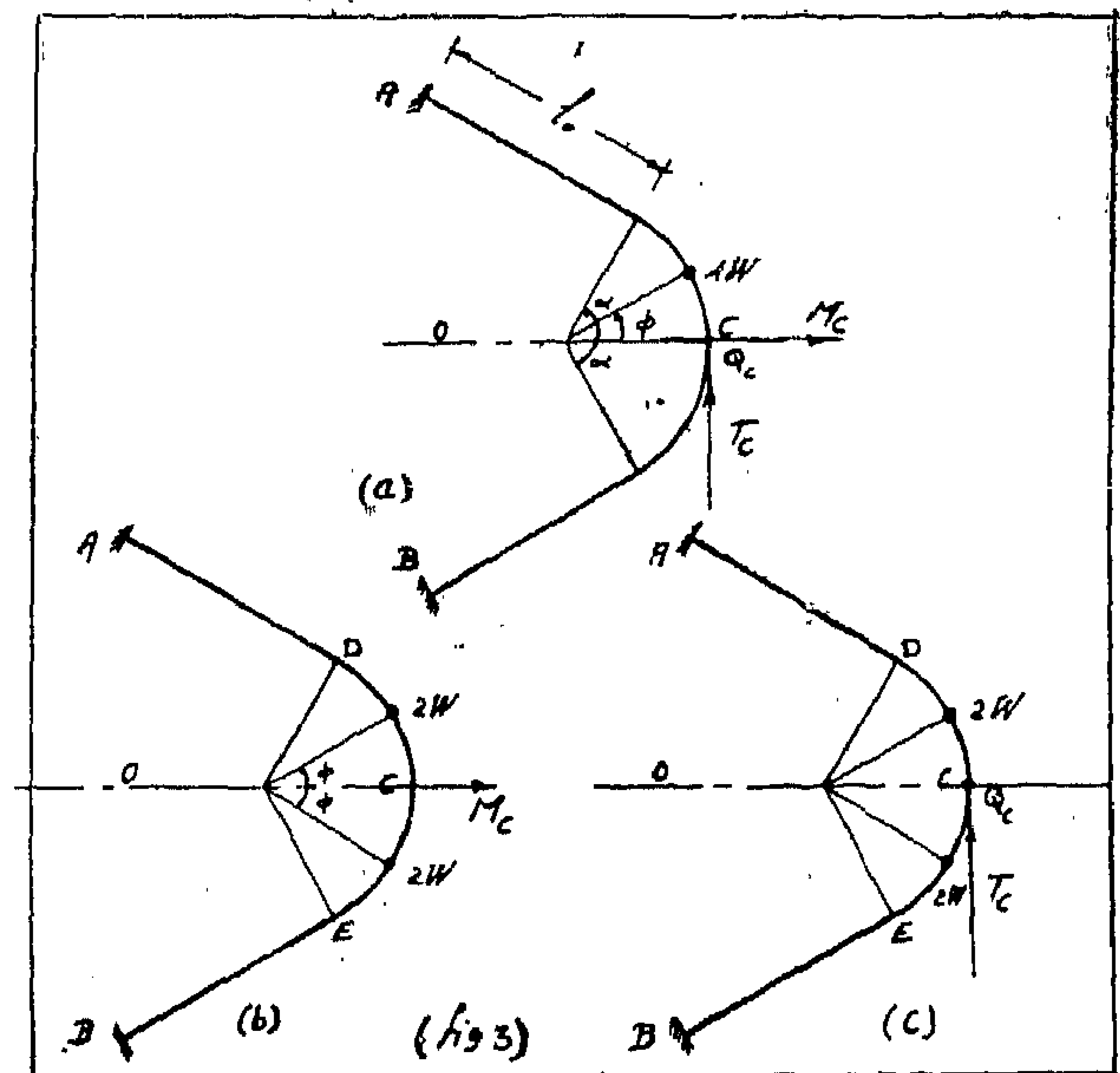
$$\Delta_c EI = - EI\, \tau_c R + M_c [\gamma R \{ R (\cos\alpha - 1) - \cos\alpha\, l_0^2/2]$$
$$+ T_c [R \gamma \{ R \sin\alpha + l_0 \cos\alpha \} - \sin\alpha\, l_0^2/2]$$
$$+ Q_c [l_0^2\, .\, (R/2 \sin\alpha + l_0/3) + R^2 \gamma \{ R (\alpha - \sin\alpha) + l_0\, .$$
$$(1 - \cos\alpha) \}] + 2W [l_0^2\, .\, \{ - l_0/3 - R/2 \sin (\alpha - \Phi) \} - \gamma R^2 \{ R (\alpha - \Phi)$$
$$- R \sin(\alpha - \Phi) + l_0 (1 - \cos(\alpha - \Phi)) \}] \quad \dots \quad (8)$$

(b) *The totally fixed circular bow girder with straight ends.*

Fig. (2) shows such a girder in which the circular part subtending an angle 2α at the centre and carrying a single concentrated load 4W on any point of the circular part, at an angular distance Φ from the mid-point "C"



The girder is three times statically indeterminate since it can be still in equilibrium if it is cut at any section. If the three redandant elements are considered at such section as bending moment, torsional moment and shearing force, an analysis may be made by superposition, by applying the loading in both a symmetrical and anti-symmetrical equivalent systems as shown in fig. (3b and



acting downwards at an angular distance Φ from OC, so as to a bending M_c, a torsional moment T_c and an upward vertical force Q_c acting all together at the free end C. Bending moment M_c will be taken positive when it tends t oconvex the beam upward ⌒. Torsional moment T_c will be taken as positive when it produces clockwise rotation of the section C viewed from the free end. Shearing forces Q_c will be taken as positive when it tends to raise the free end "C".

The shown vectors of the moments in fig. (1) indicates the axis about which the moments rotates clockwise when viewed along the direction of the arrow.

At any point K on the circular part, at an angular distance Θ from OC, the resultant actions consist of a bending moment M_k, a torsional moment T_k and a shearing force Q_k given by the expressions :

$$\left.\begin{aligned} M_k &= M_c \operatorname{Cos}\Theta + T_c \sin\Theta + 2\,WR \sin(\Theta - \Phi) - Q_c \sin\Theta \,.\, R \\ T_k &= -M_c \sin\Theta + T_c \cos\Theta - 2\,WR \left\{ 1 - \cos(\Theta - \Phi) \right\} + Q_c \,.\, R\,(1 - \cos\Theta) \\ Q_k &= Q_c - 2\,W \end{aligned}\right| \quad (1)$$

while at any point S on the straight part, the resultant actions are :

$$\left.\begin{aligned} M_s &= M_c \cos\alpha + T_c \sin\alpha + 2\,W R \sin(\alpha - \Phi) - Q_c R \sin\alpha + (2\,W - Q_c)\,(l_o - Z). \\ T_s &= -\,M_c \sin\alpha + T_c \cos\alpha - 2\,WR \left\{ 1 - \cos(\alpha - \Phi) \right\} + Q_c \,.\, R\,(1 - \cos\alpha) \\ Q_s &= Q_c - 2\,W \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

The strain energy equation can be written as :

$$U = \int \frac{M^2 \,.\, ds}{2\,EI} + \int \frac{T^2 \,.\, ds}{2\,GJ} + \int \frac{Q^2 \,.\, ds}{2\,AJ}$$

, where the symbol $\int$ means integration

Differentiating the strain energy of the beam with respect to the straining action at the free end, the deformations of this end will be obtained. The contribution to the total energy due to shear is very small and thus its effect will be neglected.

The angular movement μ_c of the end C in the direction of M_c is given by :

$$\mu_c = \frac{\partial U}{\partial M_c} = \frac{1}{EI} \int M \frac{\partial M}{\partial M_c} \,.\, ds + \frac{1}{GJ} \int T \frac{\partial T}{\partial M_c} \,.\, ds \quad (3)$$

while the clockwise rotation τ_c of the end C in direction of T_c can be written as follows :

$$\tau_c = \frac{\partial U}{\partial T_c} = \frac{1}{EI} \int M \frac{\partial M}{\partial T_c} \,.\, ds + \frac{1}{GJ} \int T \frac{\partial T}{\partial T_c} \,.\, ds \quad (4)$$

and the upward vertical displacement Δ_c of the cantilever end :

$$\Delta_c = \frac{\partial U}{\partial Q_c} = \frac{1}{EI} \int M \frac{\partial M}{\partial M} \,.\, ds + \frac{1}{GJ} \int T \frac{\partial T}{\partial Q_c} \,.\, ds \quad (5)$$

Thus the deformations can bea finally attained as :

$$4EI\,\mu_c = M_c\,[R \left\{ \sin 2\alpha\,(1-\gamma) + 2\alpha\,(1+\gamma) \right\} + 4\,l_o \left\{ 1 - \sin^2\alpha\,(1-\gamma) \right\}]$$
$$-T_c\,[\,(\gamma-1) \left\{ R\,(1-\cos 2\alpha) + 2\,l_o \sin 2\alpha \right\}] + Q_c\,[R^2 \left\{ (1-\cos 2\alpha). \right.$$

From these two cases, influence lines for the internal forces can be evaluated for any section in the girder, which means offering the possibility of determination of internal forces for any group or combination of loads.

Next to these, the particular case of uniformly distributed load is directly investigated and the solution is presented.

The solutions adopted are based, at first, on the assumption that the girder has a circular cross section, for which torsional stiffness is GJ, where J is the cross sectional polar moment of inertia. However, the same obtained equations can be applied for bow girders of rectangular cross sections under the same conditions of loading. In this case, only J has to be modified by an equivalent second moment of inertia J′ according to St. Venant's known formula :

$$J' = \frac{A^4}{40\,J}$$

where :

J′ = the equivalent torsional second moment of inertia for the rectangular section.

For a rectangular cross section of breadth b and depth d :

A = cross sectional area = b . d

J = polar second moment of inertia

$$= \frac{bd^3 + db^3}{12}$$

then :

$$J' = \frac{3}{10} \cdot \frac{b^3\, d^3}{d^2 + b^2}$$

and the relation $\gamma = \frac{EI}{GJ}$ will be expressed for a rectangular section in the form :

$$\gamma = \frac{EI}{GJ'} = \frac{E}{G} \cdot \left[\frac{10}{36} \left(1 + \frac{d^2}{b^2}\right) \right]$$

With lateral coefficient of contraction (poisson's ratio) $\nu = 1/6$ for reinforced concrete, the ratio of modulus of elasticity E to the shear modulus G is taken.

$$\frac{E}{G} = 2\,(1 + \nu) = 2.3333$$

and thus, the ratio γ is to be taken for rectangular sections in the form :

$$\gamma = 0.6482 \left(1 + \frac{d^2}{b^2}\right)$$

which depends on the rectangular section side ratios.

For	d = b	γ = 1.296
for	d = 2b	γ = 3.241
for	d = 3b	γ = 6.482
and for	d = 4b	γ = 11.02

1. *The circular bow girder tangential to two straight parts and fixed at their ends under a concentrated load acting on the circular part of the girder.*

For the solution of this case, it is convenient first to consider the behaviour of the circular cantilever arc ending with a straight part under a concentrated load on the curved part of it as a main system, to obtain expressions for the resulting deformations at its free end. The results obtained will be next applied for the analysis required for the bow girder with which this paper deals. Accordingly, the solution will be represented next in two steps :

(a) *Deformations of the free end of the circular arc cantilever ending with straight part :*

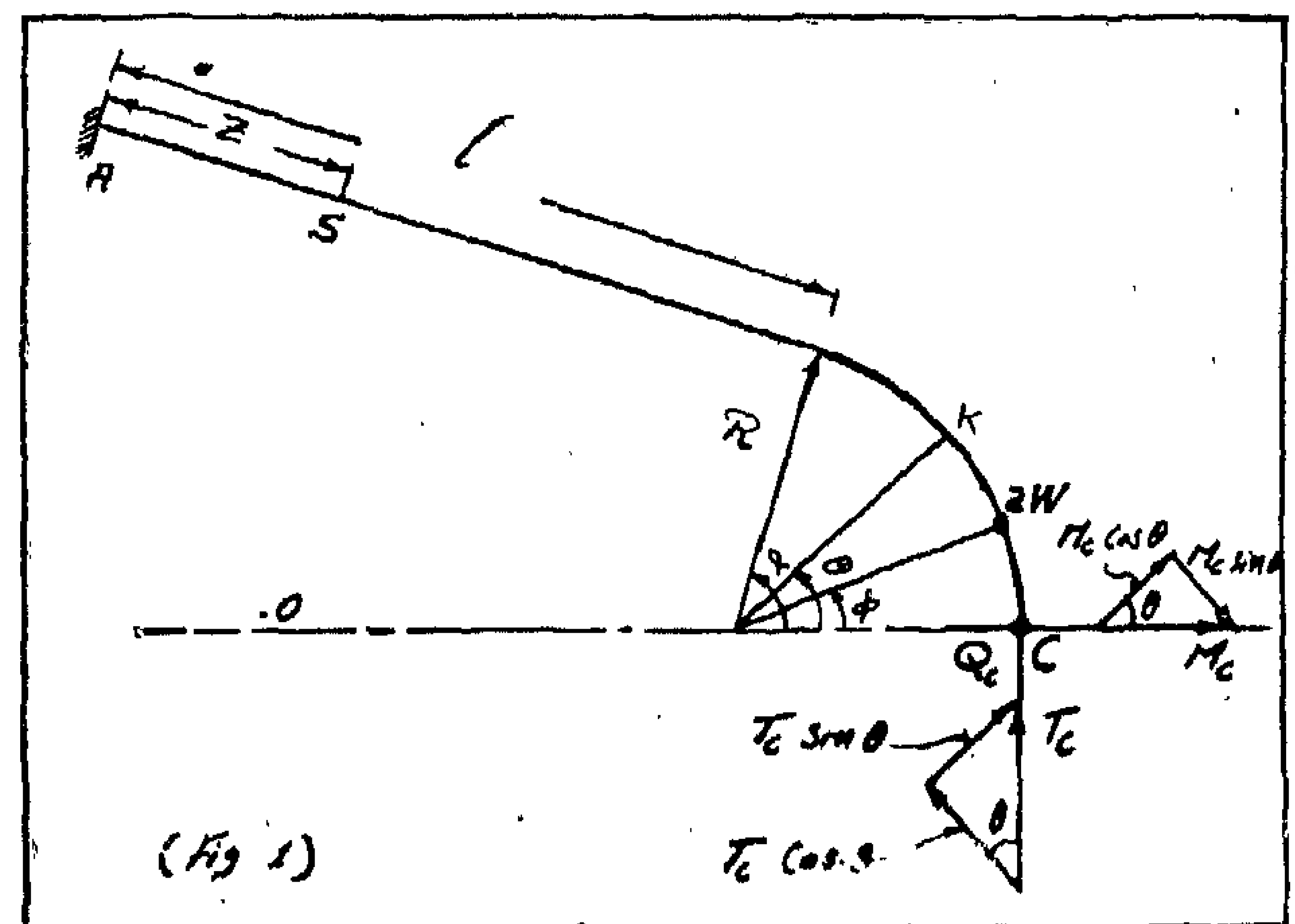


Fig. (1) represents the assumed cantilever AC having a circular part of radius R firmly held at "A". The cantilever is considered to be subjected to a concentrated load "2 W"

J = Polar moment of inertia of a bow girder rectangular section about C.G. of section.

J' = Modified polar moment of inertia.

E = Modulus of elasticity.

G = Shear modulus.

γ = Dimensionless ratio $= \frac{EI}{GJ'}$

R = Radius of the circular part of the bow girder.

l_o = Length of the straight part of the bow girder.

l_s = Perimeter determining the position of the concentrated load on the straight part.

Φ = Perimeter determining the position of the concentrated load on the circular part.

α = Half the angle subtended by the circular part of the girder.

ν = Poission ration (provided = 1/6 for reinforced concrete).

M_c, T_c & Q_c = The bending moment, the torsional moment and the shearing force respectively at the centre section "C" of the bow girder.

M_D, T_D = The bending moment and the torsional moment respectively at the point of tangency "D" of the circular part to that of the straight part of the bow girder.

M_A, T_A = The bending moment and the torsional moment respectively at the fixed end "A" of the bow girder.

μ_C = The deformation at the centre section "C" of the bow girder in the plane of M_C, due to a bending moment M_C at "C".

Δ_C = The deformation at the centre section "C" in the direction normal to the axis of the bow girder due to a shearing force Q_C at "C".

τ_C = The deformation at the centre section "C" of the bow girder in the direction of T_C due to a torsional moment T_C at C.

W = Concentrated load.

w = Uniform load per unit length.

$\int$ = Symbol of integration.

III. STATICAL ANALYSIS

In order to cover the statical requirements of such bow girders, the two next cases are investigated :

1. The action of a concentrated load on the circular part of the girder.
2. The action of a concentrated load on the straight parts of the girder.

CIRCULAR BOW GIRDERS TANGENTIAL TO TWO STRAIGHT PARTS AND FIXED AT THEIR FAR ENDS

By

Dr. MOHAMED M. EL-HASHIMY
Dr. Sc. Techn.
Assist. Professor of Reinforced Concreta

and

A. S. MAHDY
M.Sc., Structural Engineer
Faculty of Engineering, Assiut University

I. INTRODUCTION

The problem of fixed circular curved beams has been the object of many an investigation. The solution involved the use of the strain energy method.

Beams curved in plan are frequently met with in buildings as well as in special engineering structures. Such beams, termed bow girders, are subjected to the usual gravitational loads acting at right engles to the plane of their curved axis. A circular curved beam fixed at is ends is three times statically indeterminate.

Circular bow girders fixed at ends have been previously investigated in more than a paper. However, the problem of circular curved beams tangential to two straight parts and fixed at their far ends are almostly avoided or just dealt with in case of such beams having simple supports at the points of tangency and with the far ends simply supported, which renders the problem to a statically determnate system in case of symmetry.

The main object of this paper, is to establish the expressions and relations enabling the solution of the circular bow girder tangential to two straight parts fixed at their far ends. The solution involves establishing the general equations for the redundants and the straining actions at any section by making use of the strain energy method.

In order to simplify the evaluation of the internal forces, which seems somewhat laborious for the designer, these and corresponding influence lines are calculated and repaired in tables and curves form. These are calculated for different shapes of girders both in plan and section. This is carried out for different values of subtended angle 2α, different ratios of the radius R to the straight part length "l_0" of the girder, and for different shapes of section. A number of these curves will be presented next in this paper.

II. NOTATIONS

A	=	Area of cross-section of the bow girder.
b	=	Breadth of the section of the bow girder.
d	=	Depth of the section of the bow girder.
I	=	Moment of inertia of a bow iirder rectangular section about the axis passing through the C.G. of section.

EDITING COMMITTEE

INFORMATION

- The editors welcome for publication engineering researches and articles as well as discussions on any material appearing in this periodical.
- This periodical does not hold itself responsible for the opinions expressed in it.
- Any material intended for publication must be sent to the Secretarial at the address of the Egineering Society at Cairo.

SUBSCRIPTIONS

All members of the Engineering Society at Cairo are ipso facto subscribers of this periodical.

Subscription for engineers P.T.60 per annum.

Subscription for others P.T.200 per annum.

HEAD OFFICE

Cairo : Egyptian Society of Engineers,
28. Ramses Avenue, Cairo. Tel. 52106.

ADVERTISEMENTS

Sole agents for advertisements to be inserted in this periodical :

Moassasset Misr for Printing and Publication,
14, Zaki Str., Tawfikieh, Cairo.
Tel. 51601.

JOURNAL OF
THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS
U.A.R.

QUARTERLY SCIENTIFIC PROCEEDINGS

ISSUED BY

THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS—U.A.R., CAIRO

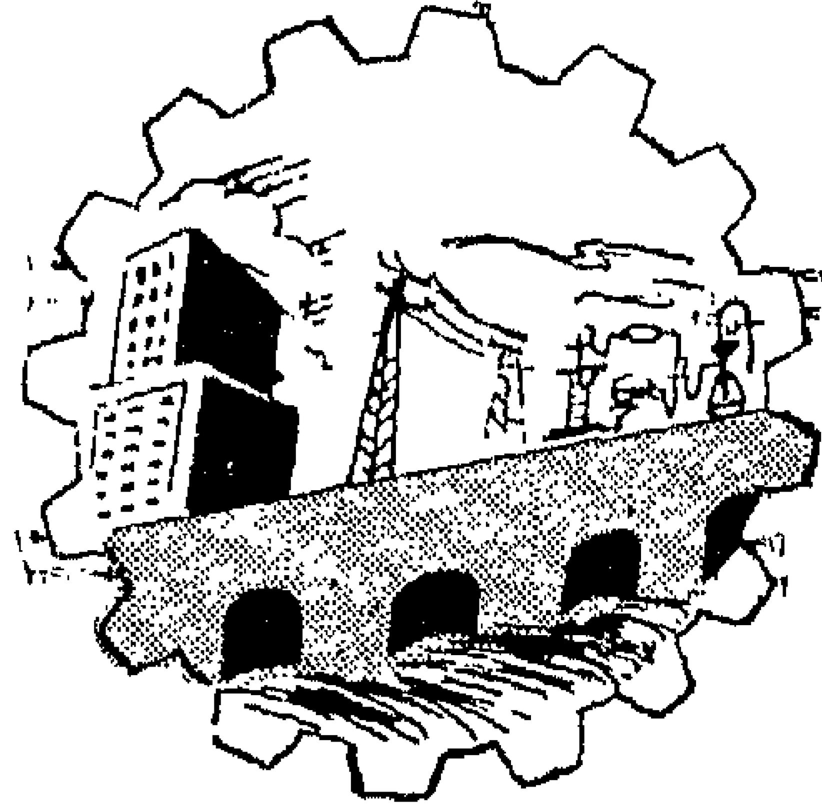
VOL., III — No. 4 — Oct. Nov. Dec. 1964

CONTENTS

ENGLISH SECTION

ARABIC SECTION

"Mondiale" Press — Cairo



JOURNAL OF THE EGYPTIAN SOCIETY OF ENGINEERS U. A. R.

Oct. Nov. Dec. 1964
Vol. III
No. 4

